Aus dem Institut für
Arbeitsphysiologie und Rehabilitationsforschung
der Universität Marburg/Lahn
Direktor: Prof. Dr. med. G. Hildebrandt

# UNTERSUCHUNGEN ÜBER DEN EINFLUSS DES REIZINTERVALLS AUF DIE HABITUATION

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades der gesamten Medizin
des Fachbereichs Humanmedizin
der Philipps-Universität Marburg/Lahn

vorgelegt von

Peter Tändler
aus Frankfurt/M.

1979

Marburg 1978

Aus dem Institut für
Arbeitsphysiologie und Rehabilitationsforschung
der Universität Marburg/Lahn
Direktor: Prof. Dr. med. G. Hildebrandt

# UNTERSUCHUNGEN ÜBER DEN EINFLUSS DES REIZINTERVALLS AUF DIE HABITUATION

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades der gesamten Medizin
des Fachbereichs Humanmedizin
der Philipps-Universität Marburg/Lahn

vorgelegt von

Peter Tändler
aus Frankfurt/M.

Marburg 1978

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Angenommen vom Fachbereich Humanmedizin
der Universität Marburg am: 29. Juni 1979

Dekan: Prof. Dr. F. Neurath

Referent: Prof. Dr. G. Hildebrandt

Correferent: Prof. Dr. H. Hensel

Meinen Eltern und meiner Frau

in Dankbarkeit gewidmet.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546011_0060

Inhaltsverzeichnis


Seite

I. Einleitung

a) Begriffsbestimmungen ..... 1
b) Kennzeichen der Habituation ..... 2
c) Neuronale Grundlagen der Habituation ..... 3
d) Das Reiz-Intervall ..... 6

II. Methodik

a) Versuchspersonen ..... 10
b) Versuchsanordnung ..... 10
c) Allgemeine Versuchsbedingungen und Durchführung der Versuche ..... 13
d) Auswertung ..... 14
e) Statistik ..... 16

III. Ergebnisse

a) Allgemeine Vorbemerkungen ..... 19
b) Das 2-Minuten-Intervall ..... 23
c) Das 5-Minuten-Intervall ..... 30
d) Das 10-Minuten-Intervall ..... 36
e) Das 15-Minuten-Intervall ..... 42
f) Weitere Befunde
f1) Einfluß der Ausgangswerte ..... 48
f2) Abhängigkeit des mittleren Reaktionsanstieges vom QP/A ..... 50

IV. Diskussion

1. Methodenkritische Bemerkungen
1a) Gesichtspunkte zur Auswahl des Cold-Pressure-Tests ..... 52
1b) Bemerkungen zur verwendeten Meßtechnik ..... 54
1c) Zum Versuchsablauf ..... 57
1d) Zur Frage des Puls-Atem-Quotienten ..... 60

2. Diskussion der Ergebnisse
2a) Vorbemerkungen ..... 61
2b) Das 2-Minuten-Intervall ..... 61
2c) Das 5-Minuten-Intervall ..... 62
2d) Das 10-Minuten-Intervall ..... 63
2e) Das 15-Minuten-Intervall ..... 63

Seite

2f) Kritik und Einordnung der Ergebnisse.. 64

2g) Zum Einfluß der Ausgangswerte..... 67

2h) Zur Abhängigkeit der Reaktion von der vegetativen Ausgangslage ..... 67

2i) Die mögliche praktische Bedeutung der Ergebnisse ..... 68

V. Zusammenfassung ..... 69

VI. Literaturverzeichnis ..... 71

# I. Einleitung.

## a) Begriffsbestimmungen

Der Begriff der "Habituation" wird bereits seit 1906, wo er von ABELS zur Beschreibung der Reduktion der Symptome bei Bewegungsschwindel gebraucht wurde, in der physiologischen Literatur erwähnt. Später haben dann z.B. DODGE (1923), HUMPHREY (1930) oder HARRIS (1943) mit diesem Terminus eine Reaktionsabnahme auf einen monoton wiederholten Reiz beschrieben (vgl. auch KANDEL und SPENCER 1968). Besonders häufig sind Habituationsphänomene etwa ab 1950 Gegenstand wissenschaftlichen Interesses.

Dennoch hat sich bis heute keine einheitlich inhaltliche Abgrenzung des Habituationsbegriffes durchgesetzt. Nach GLASER (1968) ist die Habituation "... die graduelle Verminderung einer Reaktion, wenn der zugehörige Reiz wiederholt oder fortgesetzt wird." Eine derart undifferenzierte Auffassung zeigt sich auch bei anderen Autoren, die in ihren Arbeiten den Begriff definieren (z.B. SHARPLESS und JASPER 1956, HERNÂNDEZ-PEÓN und SCHERRER 1955, KEATINGE 1963, PERETZ 1970, PEEKE und HERZ 1973 a ) und nicht zuletzt in Hand- und Lehrbüchern der Physiologie (z.B. MOUNTCASTLE 1974, BROOKS und JUNG 1973, COLLINS 1974, GANONG 1972 u.a.), wobei kurzzeitige Reaktionsabnahmen, die schnell reversibel sind, und langfristige, dauerhafte Effekte unter demselben Begriff subsummiert werden.

Erst in der neueren Literatur wird von einigen Autoren zwischen " short-term-" und "long-term habituation" unterschieden (COOK, ELLINGWOOD und WILSON 1968, DAVIS 1970, FRUHSTORFER, SOVERI und JARVILEHTO 1970, CAREW, PINSKER und KANDEL 1972).
Daß eine klare Abgrenzung erforderlich ist, zeigen insbesondere Untersuchungen von STREMPEL und HILDEBRANDT (1974 a-c). Bei einer 11 Tage dauernden Längsschnittuntersuchung, bei der täglich mindestens 4 mal eine Hand für 1 Minute in 4°C Wasser mit

einminütigen Pausen eingetaucht wurde, zeigte der systolische Blutdruck im Durchschnitt eine Abnahme von 50 % nach 4 Eintauchungen; von Tag zu Tag ergaben sich jedoch wesentlich kompliziertere Verhältnisse, so z.B. phasenhafte Remissionen des Habituationsfortschrittes am 7. Tag.

Der vorliegenden Arbeit wird daher eine Definition von STREMPEL und HILDEBRANDT (1974) a + c zugrundegelegt, nach der lediglich die schnelle Komponente der Reaktionsabnahme als "Habituation" zu bezeichnen ist, für die langsame Komponente hingegen die Bezeichnung "funktionelle Adaptation" vorgeschlagen wird.
Diese Auffassung steht im Gegensatz zu GLASER und WHITTOW (1957), (vgl. auch GLASER 1968), die in gleichartigen Versuchen eine "von-Tag-zu-Tag-Abnahme" der Reaktion fanden und auch diesen Vorgang als Habituation bezeichneten.

Es erscheint in diesem Zusammenhang notwendig, den Unterschied zu Vorgängen wie Adaptation und Ermüdung darzustellen, die zwar auch eine Reaktionsabnahme beobachten lassen, in ihren physiologischen Grundlagen jedoch erheblich voneinander abweichen. Nach SCHOLING (1964) (vgl. auch HENSEL und HILDEBRANDT 1964, SHARPLESS und JASPER 1956, COLLINS 1956, SCHALDACH 1973) versteht man unter Adaptation "die Anpassung des Organismus an physikalische, physikochemische, psychophysische und andere Änderungen seiner Umwelt bzw. seiner Biosphäre durch Modifikation seines Funktionsgefüges."

Ermüdung erfaßt hingegen nach SCHALDACH (1973) eine "Abnahme der körperlichen und geistigen Leistungsfähigkeit, zu deren Beseitigung um so längere Pausen erforderlich sind, je stärker die Ermüdung ist."

b) Kennzeichen der Habituation.

THOMPSON und SPENCER (1966) (vgl. auch PEEKE und HERZ 1973 a,b) haben anhand ihrer Untersuchungen an spinalisierten Katzen der

Habituation im wesentlichen folgende Merkmale zugeschrieben:

1. Eine wiederholte Stimulation mit demselben Reiz bewirkt eine Abnahme der Reizantwort (vgl. auch GLASER 1968 u.a.). Diese Abnahme ist eine negative Exponentialfunktion der Reizanzahl.
2. Wird der Reiz ausgesetzt, so kehrt die Reizantwort nach einiger Zeit auf ihren Ausgangswert zurück ("spontaneous recovery") (vgl. auch PINSKER et al. 1970).
3. Bei wiederholten Serien des Habituationstrainings, wobei zwischen den Reizserien eine spontane Rückkehr der Reizantwort eintrat, kam es bei jedem neuen Versuch zu einer schnelleren Habituation. (Nach unserer Auffassung wäre dies als funktionelle Adaptation zu betrachten, vgl. oben.)
4. Je größer die pro Zeiteinheit einwirkende Reizanzahl ist, desto schneller kommt es zu einer Verminderung der Reaktion (vgl. auch COOK, ELLINGWOOD und WILSON 1968).
5. Je schwächer der Reiz, umso früher habituiert die Antwort.
6. Ein neuartiger Reiz, der zusätzlich dargeboten wird, bewirkt einen Reaktionsanstieg auf den habituierten Reiz. Dieser Effekt wird "Dishabituation" genannt (vgl. auch CASTELLUCCI 1970, PERETZ 1970).
7. Ein dishabituierender Reiz führt seinerseits zur Habituation nach wiederholter Anwendung.

Die Punkte 6 und 7 würden somit eine Reizspezifität der Habituation beinhalten, d.h. diese erfolgt nur für den jeweils einwirkenden Reiz; dies wird durch Befunde von SHARPLESS und JASPER (1956) sowie EIDE (1971) bestätigt.

c) Neuronale Grundlagen der Habituation.

Über den Entstehungsmechanismus bestehen zur Zeit keine einheitlichen Vorstellungen, vielmehr versuchen die zahlreichen Untersucher das Zustandekommen der Reaktionsabnahme mit den unterschiedlichsten Hypothesen zu erklären. Die in der Literatur vorliegenden Ergebnisse lassen sich nicht zu einem zusammen-

hängendem Bild zusammenfassen, sodaß es sinnvoll erscheint, an dieser Stelle nur kurz einige Ansichten darzulegen.

GRIFFIN (1963) schloß aus Versuchen mit leukotomierten (=Durchtrennung der Stirnhirn-Thalamus Verbindung) Personen, daß der Frontalhirnregion eine entscheidende Rolle bei der Entstehung der Habituation zukommen müsse.
Bereits 1955 hatte HERNÁNDEZ-PEÓN in Bezug auf die Reaktionsverminderung des Gehörs nach wiederholten Geräuschreizen einen hemmenden Einfluß der Formatio reticularis postuliert.

In die gleiche Richtung weist die Arbeit von GOGAN (1970), der ebenfalls mit akustischen Reizen arbeitete und dabei EEG-Aufzeichnungen durchführte. Er betont den Einfluß höherer Zentren und verweist dabei insbesondere auf die Formatio reticularis.

Versuche von COOTE und MACLEOD (1974 a,b, 1975) an Katzen erweitern diese Vorstellung. Von ihnen wird die Annahme geäußert, daß sympathisch-hemmenden Bahnen im Rückenmark, ausgehend von der Formatio reticularis und Teilen der Medulla oblongata, eine wichtige Bedeutung zukommt. Aufbauend auf der Vorstellung, daß höhere Zentren den Gang der Habituation bestimmen, hat SOKOLOV (1960) eine Hypothese aufgestellt, nach der die analysierende Aktivität des ZNS, insbesondere der Hirnrinde, ein Modell der Eigenschaften externer Reize entwirft. Nachfolgende Reize werden mit diesem Modell verglichen, welches kein statischer Eindruck ist, sondern häufigen Neugliederungen unterliegt, um die Charakteristika des Reizes zu erfassen, der gerade einwirkt. Der Vergleich produziert Signale der Übereinstimmung oder Nichtübereinstimmung, welche entweder dämpfend oder aktivierend auf die Tätigkeit unspezifischer Nervenbahnen einwirken.

Auch andere Arbeiten deuten auf die Möglichkeit hin, daß die Theorie von SOKOLOV durchaus ihre Berechtigung hat. So haben KUPFERMANN et al. (1970) bei Versuchen mit Abdominalganglien

der Meeresschnecke Aplysia zeigen können, daß nach Durchtrennung sämtlicher Verbindungen zum ZNS zuvor habituierte exzitatorische postsynaptische Potentiale (EPSP's) plötzlich über ihren Ausgangswert hinausgingen. Daraus wurde gefolgert, daß die Habituation dem Einfluß zentraler Prozesse unterliegen müsse. Ebenso argumentieren CASTELLUCCI et al. (1970).

Die Zusammenarbeit sowohl übergeordneter als auch niederer Anteile des ZNS versuchen GROVES und THOMPSON (1970), (vgl. auch PEEKE und HERZ 1973 b), in ihrer "Dual process theorie of Habituation" darzustellen. Sie postulieren zwei entgegengesetzt wirkende Prozesse: 1) einen, der zur Habituation führt, 2) einen anderen, der zur Erhöhung der Empfindlichkeit (Sensitization) führt und ordnen diesen Vorgängen spezielle H-(Habituations) Neurone und S-(Sensitizations) Neurone zu, die sich in allen Anteilen des ZNS finden sollen.

HORN (1967) betrachtet im Gegensatz zu den vorher genannten Autoren Habituation als nicht abhängig von der Intaktheit höherer Zentren, vielmehr sieht er die Abnahme der Reaktion als Resultat einer selbsterzeugten Erniedrigung der Empfindlichkeit an einem oder mehreren Punkten des Systems. Daß auch die Ansicht von HORN durchaus ihre Berechtigung hat, zeigen Arbeiten z.B. von BUCHWALD, HALAS und SCHRAMM (1965), die Habituation auch bei spinalisierten Katzen beobachten konnten (vgl. auch THOMPSON und SPENCER 1966). Diese Arbeit nimmt jedoch insofern eine Zwischenstellung ein, als eine gleichzeitig registrierte Blutdruckreaktion nicht habituierte.

BRUNER und TAUC (1966) konnten im Gegensatz zu KUPFERMANN et al. (s.S. 4) eine abnehmende Reaktion auch am völlig isolierten Abdominalganglion der Meeresschnecke Aplysia feststellen.

Auch PERETZ (1970) folgerte aus seinen Untersuchungen, daß die Habituation nicht notwendigerweise an ein intaktes Nervensystem gebunden sei. Dies steht auch im Einklang damit, daß z.B. RUSHFORTH (1965) oder WOOD (1970) sogar bei Einzellern eine

habituierende Reaktion aufzeigen konnten.

Somit kann man die Habituation zumindest als ein Merkmal ansehen, welches sowohl einfachen, als auch komplizierten Organismen zueigen ist (KANDEL und SPENCER 1968).

d) Das Reizintervall.

Unter diesem Begriff, in der englischsprachigen Literatur "Interstimulus Intervall" genannt (z.B. bei DAVIS 1970, PEEKE und HERZ 1973a), soll in der vorliegenden Arbeit der zeitliche Abstand zwischen zwei Reizen verstanden werden.

Die zahlreichen Untersucher der Habituationsphanomäne verwendeten bei ihren Experimenten die unterschiedlichsten Intervalle. Die folgende Literaturauswahl soll davon einen Eindruck vermitteln.

1. Intervalle im Bereich von Sekunden.

Bereits 1938 fand COOMBS bei Versuchen mit akustischen Reizen, daß die dabei gemessene galvanische Hautreaktion (galvanic skin reaction, GSR) bei einem Reizabstand von 5 Sekunden nach 5 Reizen habituierte, bei einem Abstand von 30 Sekunden hingegen erst nach 10-maliger Reizung.

HERNÁNDEZ-PEÓN und SCHERRER (1955) fanden bei Katzen, denen sie akustische Reize mit einem Intervall von 2 Sekunden präsentierten, Habituation. Diese konnte noch nach 15 Stunden nachgewiesen werden.

BUCHWALD, HALAS und SCHRAMM (1965) setzten bei spinalisierten Katzen einen peripheren Hautreiz mit verschiedenen Reizabständen von 5, 15, 30 und 45 Sekunden. Die dabei von den ventralen Wurzeln des Rückenmarkes abgeleiteten Erregungsmuster zeigten nach jeweils 20-maliger Applikation einen signifikanten Abfall der Impulszahl. Interessanterweise traten bei dem

gleichzeitig registrierten Blutdruck keine Veränderungen auf. (vgl. S. 4/5)

Ebenfalls mit Spinal-Katzen arbeiteten SPENCER, THOMPSON und NEILSON (1966 a, b). Ihre Reizintervalle von 1-3 sowie 10 Sekunden erbrachten gleichfalls eine deutliche Habituation. ROTH und KOPELL (1969) leiteten bei 9 Versuchspersonen EEG-Ströme nach akustischen Reizen ab. Dabei wurden nach 6 Tonserien, deren Abstand 11 Sekunden betrug, eine klare Verminderung der EEG-Reaktion gefunden.

Bei Versuchen mit Ratten, denen man Elektroden in die Hippocampusregion des Gehirns implantiert hatte, fanden IRMIS et al. (1970) einen Rückgang der Theta-Aktivität nach 10 - 15-maliger akustischer Reizung alle 50 Sekunden.
Ähnlich wie ROTH und KOPELL (1969) haben auch FRUHSTORFER, SOVERI und JARVILETHO (1970) mit akustischen Reizen und EEG-Ableitung bei Verwendung eines 1 und 3 Sekunden Intervalls gearbeitet und ihr Ergebnis als "short-term-habituation" bezeichnet.

2. Intervalle im Bereich von Minuten und Stunden.

GLASER und WHITTOW (1957) (vgl. auch GLASER 1968) verwendeten bei ihren Versuchen den sog. Cold-Pressure-Test (CPT). Sie ließen 6 Versuchspersonen eine Hand bis zu 10 mal für 1 Minute in 4°C Wasser eintauchen und beobachteten bei einem Reizabstand von 1 Minute eine signifikante Habituation, sowohl des Blutdruckanstieges, als auch der Herzfrequenzsteigerung.

Bereits 1955 hatten GODDEN, ROTH und HINES jr. mit demselben Test gearbeitet und bei Anwendung eines 15-minütigen Intervalles keine Habituation beobachtet.

Schließlich hat STREMPEL (1976 a) in umfangreichen Untersuchungen mit dem CP-Test (er ließ 7 x 1 Minute in 1-minütigem Abstand eine Hand in 4°C Wasser eintauchen) eine Habituation insbesondere der diastolischen Blutdruckreaktion,

aber auch des systolischen Blutdruckes nachweisen können. LEBLANC und ROSENBERG (1957) ließen ihre Versuchspersonen 8 mal für 7 Minuten im Abstand von 27 Minuten in 3°C Wasser eintauchen. Dabei fand sich eine stetige Abnahme des Blutdruckanstieges.

Sehr ausführlich hat sich EWERT (1967) mit den Auswirkungen unterschiedlicher Reizabstände befaßt. Er löste mit einer Beuteattrappe eine Richtbewegung bei Erdkröten aus. Diese Reaktion verschwand bei wiederholter Reizung in Abhängigkeit des verwendeten Intervalles unterschiedlich rasch: bei 1 Minute etwa nach 7 Reizungen, bei 5 Minuten erst nach ca. 14 und bei 40 Minuten erst nach 20 Versuchen. Bot EWERT den Erdkröten die Attrappe gar erst alle 24 Stunden dar, so schwankten die Werte der Reaktionszahlen meist um ein annähernd konstantes Niveau.

Bei Versuchen mit Zierfischen (Guppies) beobachtete RUSSEL (1967) beim 15 Sekunden-Intervall eine schnellere Habituation als bei 2 minütigem oder gar 4 minütigem Reizabstand.

PINSKER et al. (1970) lösten bei der Meeresschnecke Aplysia einen Kiemenkontraktionsreflex aus und registrierten die dabei auftretenden elektrischen Aktivitäten von Motoneuronen im Bauchganglion der Schnecke. Bei Wiederholung des taktilen Reizes mit Intervallen von 30 Sekunden bis 5 Minuten habituierten die Reaktionen um durchschnittlich 25 % in Bezug auf eine Kontrollamplitude. Habituation wurde in einigen Fällen auch bei Intervallen von 20 Minuten gefunden. Meist trat der Hauptanteil der Reaktionsverminderung nach den ersten 5 - 10 Reizen einer Serie ein.

FAREL und KRASNE (1972) untersuchten Spinal-Frösche, indem sie deren Füße elektrisch reizten und das zugehörige Elektromyogramm (EMG) an der gereizten Extremität aufzeichneten. Ein Reizintervall von 30 Sekunden erbrachte nach 3 Stunden ein Verschwinden der Reaktion, ein Reizintervall von 30 Minuten zeigte hingegen keine Habituation.

Reaktionsverminderungen bei Intervallen von 24 Stunden bzw. einem Tag würden dagegen nach unserer Auffassung (vgl.S.2)unter

den Begriff der "funktionellen Adaptation" fallen. Die Untersucher, die mit diesem Zeitraum arbeiteten (z.B. GLASER und WHITTOW 1957, LEBLANC und POTVIN 1966, EIDE 1971) und dabei eine Reaktionsabnahme fanden, verwenden dafür den Terminus Habituation.

Abschließend sollen hier noch die Erfahrungen von SHARPLESS und JASPER (1956) erwähnt werden, da sie als einzige mit unregelmäßigen Reizabständen arbeiteten. Sie implantierten 35 Katzen subcortical Elektroden, über die sie die Reaktionen auf akustische Reize ableiten konnten. Die Geräusche wurden den Tieren während ihres natürlichen Schlafes angeboten, ein erneuter Reiz erfolgte erst, nachdem die Hirnströme anzeigten, daß die Tiere wieder eingeschlafen waren. Dadurch schwankte die Zeitdauer der Intervalle zwischen 20 Sekunden und 20 Minuten. Trotzdem wurde eine schnelle Abnahme der Hirnaktivität bereits im Verlauf der ersten 10 Reize beobachtet und eine weitere langsamere Habituation bei den folgenden Stimulationen.

Wie die dargestellten Beispiele zeigen, ist man auch bei der Frage nach dem Zusammenhang zwischen der Größe des Intervalls und der Habituation, weit von einer einheitlichen Beantwortung entfernt. Auch erscheint es ungewiß, ob die bei verschiedenen Tieren und am Menschen gewonnenen Ergebnisse direkt miteinander vergleichbar sind. Dafür sprechen ein jeweils verschieden ausdifferenziertes Nervensystem und die Tatsache, daß die geschilderten Untersuchungsbefunde im wesentlichen den Kriterien nach THOMPSON und SPENCER (1966) (vgl. S. 2) entsprechen.

Aufbauend auf den Erfahrungen von GLASER und WHITTOW (1957) (vgl. S. 2 und 9) und insbesondere den Ergebnissen von STREMPEL (1976 a) sollte in der vorliegenden Arbeit der Frage nachgegangen werden, welche Reizabstände beim Menschen noch eine Habituation nachweisen lassen.

## II. Methodik

Mit den nachfolgend beschriebenen Untersuchungen sollte versucht werden, den Einfluß des Reizintervalles auf den Habituationserfolg zu ermitteln. Als standardisierte Methode diente der "Cold-Pressure-Test" nach HINES und BROWN (1932).

### a) Versuchspersonen.

An den Versuchen nahmen 25 freiwillige Versuchspersonen im Alter von 24 bis 50 Jahren teil. (Mittleres Alter 28 Jahre, s=7,3)
Mehrmalige Messungen des Ruheblutdruckes wiesen die Teilnehmer sämtlich als Normotoniker aus. Der mittlere Ruhewert vor der ersten Kalteintauchung betrug 112/65 mm Hg. (s=8,95/11,77) Anamnestische Fragen deckten keinerlei akute oder chronische Erkrankungen auf. Die Versuchspersonen wurden angehalten, vor dem Versuch keine Genußmittel, wie Kaffee, Tee oder Alkohol, zu sich zu nehmen. Medikamente wurden ebenfalls von niemandem eingenommen.

### b) Versuchsanordnung. (vgl. Abb. 1 A und B)

1. Sessel: Die Versuchspersonen konnten in bequemer Sitzhaltung auf einem Sessel mit kopfhoher Lehne Platz nehmen (Eigenbau der Werkstatt des Instituts), an dessen rechter Armlehne eine Kunststoffrinne zur Lagerung des rechten Armes befestigt war. Diese konnte in der Höhe verstellt und der jeweiligen Körpergröße angepaßt werden, sodaß die Blutdruckmessung konstant in Herzhöhe erfolgen konnte.

2. Wasserbehälter: An der linken Seite des Sessels wurden frei beweglich zwei Kunststoffwasserbehälter plaziert, deren Entfernung zum Probanden der individuellen Armlänge angeglichen werden konnte. Im Inneren der Behälter befand sich jeweils ein Metallgriff, mit dessen Hilfe eine konstante Eintauchtiefe der

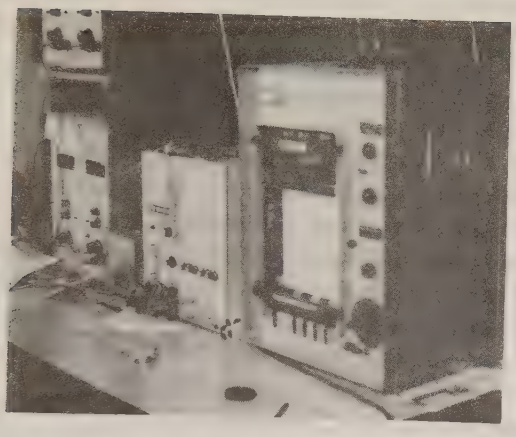

Abb. 1: Versuchsanordnung zur Durchführung des Cold-Pressure-Tests.

A): Registriereinheit: links- Vorverstärker
mitte- Ergotonograph zur automatischen Steuerung des Manschettendruckes,
rechts- Helco-Scriptor zur Aufzeichnung von Puls und Blutdruck.

B): Versuchsperson beim C-P-Test: Der rechte Arm liegt zur Messung des Blutdruckes etwa auf Herzhöhe; die linke Hand taucht in die entsprechend temperierten Wasserbehälter. Am rechten Fuß befindet sich die Pulsmeßzelle.

Hand gewährleistet war. Über ein Schlauchsystem wurde das darin befindliche Wasser einer Umwälzanlage (Churchill-Thermocirculator) zugeleitet und bei einem Wasserdurchlauf von 270 Ltr./Std. auf gleichmäßigen Temperaturen gehalten: Das Wasser im hinteren Behälter wurde auf 31,5°C angewärmt, dasjenige im vorderen auf 4°C abgekühlt.

3. Blutdruckmessung: Diese erfolgte nach der Methode von RIVA-ROCCI mittels Aufzeichnung der KOROTKOFF'schen Geräusche der A.brachialis. Als Tonabnehmer diente ein piezo-elektrisches BOUKE-BRECHT-Mikrofon, das in der Ellenbeuge des rechten Armes über der A.brachialis mit einem Pflasterstreifen befestigt wurde. Die Druckmanschette wurde durch einen Ergotonograph 72A (Herst.: Fa. Wilken, Berlin-Freiburg-Karlsruhe) automatisch gesteuert. Das Gerät pumpte diese entsprechend dem vorgewählten maximalen Manschettendruck auf und ließ sodann die Luft mit einer kontinuierlichen Geschwindigkeit ab, die es gestattete pro 10 mm Hg-Druckabfall mindestens 3 Pulse aufzuzeichnen. Die Messung wurde alle 30 Sekunden wiederholt. Die Einschaltung hierzu erfolgte manuell. Die Zeitfolge wurde mit einer Stoppuhr überwacht.

4. Pulsmessung: Hierzu wurde an der Großzehe eines Fußes ein nach photoelektischem Verfahren arbeitender "Vasogrammadaptor" (Herst.: Fa. J. Neuberger, Peutzberg) mittels einer Klemmschraube befestigt.
Dieser "Vasogrammadaptor" bestand aus einer Fotozelle und einer dieser gegenüberliegenden Lichtquelle. Zwischen diesen befand sich die Großzehe eines Fußes. Durch die pulssynchronen Volumenänderungen des Gefäßgebietes der Zehe wurden Intensitätsschwankungen des auf die Fotozelle auftreffenden Lichtes hervorgerufen. Die so entstehenden Spannungsänderungen konnten sodann dem Aufzeichnungsgerät zugeleitet werden.

5. Aufzeichnung der Messwerte (vgl. Abb. 1A und 2):
Blutdruck und Puls wurden über Vorverstärker einem HELCO-

Scriptor (Herst.: Fa. Hellige, Freiburg/Brsg.) zugeleitet und auf einem speziell für diesen Apparat hergestellten Millimeterpapier aufgezeichnet (Abb.2). Der Papiervorschub betrug bei allen Versuchen 5 mm/sec..

6. Atemmessung: Zu diesem Zweck wurde den Probanden ein spezieller Nasenfühler mit Heftpflaster so auf dem Nasenrücken befestigt (vgl. Abb. 1B), daß die Fühler in die Nasenöffnungen hineinragten. Diese bestanden aus Kupfer-Konstantan-Elementen, wobei die Temperaturänderungen bei In- und Exspiration erfaßt, einem RIKADENKI-Multipen-Recorder (Herst.: Fa. Rikadenki, Tokio,Japan) zugeleitet und bei einem Papiervorschub von 3 cm/min kontinuierlich als wellenförmige Kurve aufgezeichnet wurden.

c) Allgemeine Versuchsbedingungen und Durchführung der Versuche.

Um bei allen vorgesehenen Intervallen ein ausreichend großes Versuchskollektiv zu erhalten, wurden einige Versuchspersonen mehrmals um ihre Mitarbeit gebeten. Um dabei aber eine gegenseitige Beeinflussung der Tests zu vermeiden, wurde ein möglichst großer Versuchsabstand gewählt, von zum Teil mehreren Monaten. Eine Anzahl der Versuche fand daher im April 1975, eine weitere im September 1975 und der Rest im April 1976 statt.
Alle Untersuchungen wurden zu einer Tageszeit durchgeführt, zu der nach BAUMGART (1979) der Bereich der größten Reagibilität auf den C-P-Test besteht. Es war dies die Zeit zwischen 10 Uhr vormittags und 16 Uhr nachmittags. Es wurde immer derselbe Raum benutzt; die Umgebungstemperatur darin konnte bei $21^{\circ}+/-1^{\circ}C$ gehalten werden. Jede Versuchsperson wurde einige Tage vor dem eigentlichen Versuch mit den Versuchsbedingungen vertraut gemacht, um psychische Einwirkungen weitestgehend zu vermindern. Die Teilnehmer kamen während ihres normalen Tagesablaufes zum Versuch. Sie konnten sich vor Beginn bereits 10-15 Minuten an die äußeren Bedingungen akklimatisieren. Sodann nahmen die direkten Vorbereitungen weitere 5-10 Minuten in Anspruch, sodaß jeder mindestens 20 Minuten vor Beginn der Messungen zugegen war.

Nach Anbringung der zuvor beschriebenen Blutdruck- und Pulsfühler wurden die Versuchspersonen angehalten, sich zu entspannen. Während ca. 3 Minuten wurden nun der Ruheblutdruck und die Ruheatemfrequenz bestimmt. Anschließend tauchten die Probanden ihre linke Hand zunächst in das auf 31,5° C angewärmte Wasser. Die Zeitdauer dieses Verweilens richtete sich nach dem Zeitpunkt, bis zu dem sich ein gleichmäßiger Ruheblutdruck eingestellt hatte. Mit dem Kommando "Wechseln" wurden die Personen veranlaßt, ihre Hand in den Behälter mit 4° C Wasser einzutauchen. Mit Hilfe einer Stoppuhr wurde die Verweildauer auf genau eine Minute begrenzt. Der Zuruf "Wechseln" beendete die Kaltexposition, und die Hand wurde erneut in das warme Wasser eingetaucht und zwar bis zur Mitte des Handrückens, was mit Hilfe der schon erwähnten Metallgriffe leicht möglich war. Der Vorgang wurde für das 2-Minuten-Intervall 7 mal, für das 5-Minuten-Intervall 6 mal und für 10 und 15 Minuten je 5 mal wiederholt, sodaß für vier verschiedene Reizabstände Meßdaten gewonnen wurden.
Dabei wurde der Blutdruck ca. 20 Sekunden vor jeder Kalteintauchung, nach 15 und 50 Sekunden während der Kälteexposition und 15 Sekunden nach dem Wechsel in den Warmwasserbehälter bestimmt. Der Puls wurde unterdessen ohne Unterbrechung registriert.

d) Auswertung:

1) Puls. Entsprechend der Abbildung 2 wurde dieser jeweils für eine Zeitspanne von 30 Sekunden direkt vor der jeweiligen Kälteeintauchung und für die zweiten 30 Sekunden der einminütigen Reizdauer ausgezählt, sodann auf 1 Minute durch Verdopplung umgerechnet. Beginn und Ende des Kaltreizes waren während der Versuche durch Markierungen deutlich gekennzeichnet worden. Für die statistische Auswertung wurde die Differenz aus der Pulsfrequenz während des Kaltreizes und der Ruhefrequenz vor der Eintauchung gebildet und tabellarisch festgehalten.

2) Blutdruck. Dieser konnte mit einer Genauigkeit von +/-1 mm Hg ausgewertet werden. Die rechteckigen Ausschläge der mittleren Linie (2) der Abbildung$_2$markierten dabei die KOROTKOFF'schen

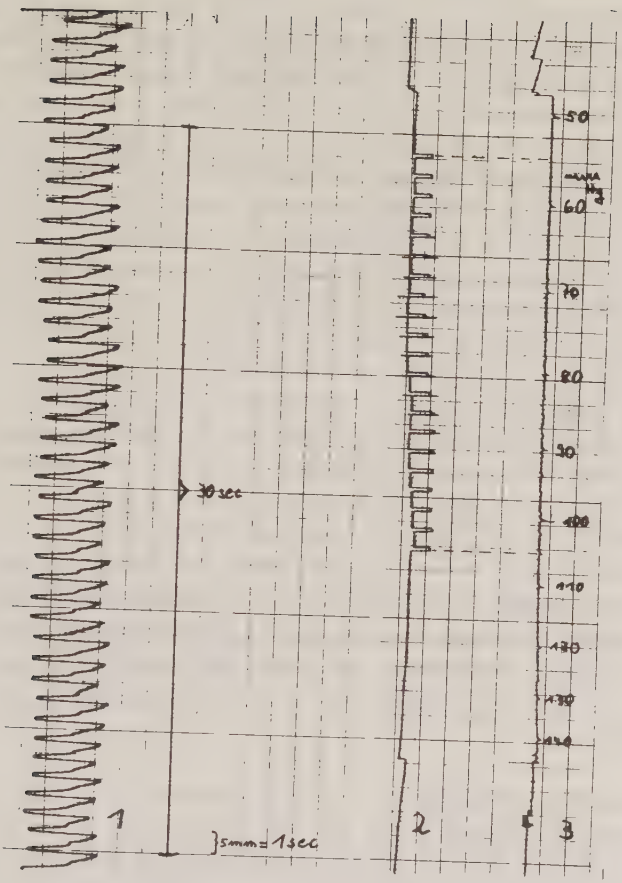


Abb. 2: Beispiel einer Registrierung

1 = Puls
2 = KOROTKOFF'sche Geräusche
3 = Kontrollanzeige der Druckwerte mit Ausschlägen nach jeweils 10 mm Hg.

Geräusche. Durch Projektion des ersten und letzten Ausschlages auf die Druckanzeige (3) wurde der systolische bzw. diastolische Wert bestimmt; im vorliegenden Beispiel: 105/55 mm Hg. Für die Auswertung wurden der Blutdruckwert vor und derjenige nach 50 Sekunden Kalteintauchung herangezogen. Wie schon beim Puls, so wurde auch hier die Differenz: Reaktionswert minus Ruhewert, gebildet und sowohl für den systolischen als auch für den diastolischen Blutdruck auftabelliert. Alle Druckwerte mußten in der gleichen Weise, wie es dem Beispiel der Abbildung 2 entspricht, auswertbar sein. Mitunter störten Ausschläge, die durch Bewegungen der Versuchspersonen verursacht sein konnten (s. auch Kritik S.54), die Ablesbarkeit. Daher konnten von 65 Messungen endgültig nur 58 verwendet werden, davon entfielen 25 auf das 2-Minuten-Intervall, 15 auf 5 und je 9 auf 10 und 15 Minuten.

3) Atemfrequenz. Entsprechend dem Papiervorschub wurde die Atemfrequenz für je eine Minute mehrmals vor Versuchsbeginn ausgezählt und gemittelt. Dieser Mittelwert diente sodann zur Berechnung des Puls-Atem-Quotienten (QPA). Hierzu wurde der Ruhepulswert vor Versuchsbeginn durch die Ruheatemfrequenz dividiert. Aufgrund dessen konnten die Meßdaten der Probanden für die statistische Auswertung in 2 Gruppen mit einem QPA>4 und <4 aufgeteilt werden (vgl. auch Diskussion S.60).

e) Statistik:

Die oben angegebenen Differenzen wurden für jede Kalteintauchung und jede Versuchsperson in der entsprechenden Reihenfolge aufgeschrieben, sodaß für jede Kalteintauchung die Summe der Reaktionen aller Teilnehmer für jeden einzelnen Reiz gebildet werden konnte. Für die Berechnung der umfangreichen Zahlenkolonnen stand ein DIEHL sigmatron (Fa. Diehl, Nürnberg) zur Verfügung. Das Gerät rechnete mit folgenden fest einprogrammierten Formeln:
Das arithmetische Mittel $(\bar{x})$ :

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^{n} x_i \quad n = \text{Anzahl}, \; x_i = \text{Meßwerte}.$$

Die Standardabweichung als die positive Wurzel aus der Varianz $s^2$:

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})^2}$$

wobei die Varianz $s^2$ als das Maß dafür gilt, wie stark die Beobachtungen durchschnittlich von ihrem Mittelwert abweichen (vgl. SACHS 1972).

Der Korrelationskoeffizient r für ungruppierte Werte:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})^2 \cdot \sum_{i=1}^{n} (y_i - \bar{y})^2}}$$

Die lineare Regression a nach der Methode der kleinsten Quadrate:

$$a = \frac{\sum x_i y_i - \bar{y} \sum x_i}{\sum x_i^2 - \bar{x} \sum x_i}$$

Für alle anderen statistischen Berechnungen dienten die bei SACHS (1972) angegebenen Verfahren und Formeln als Grundlage. Danach berechnete sich die in den Zeichnungen (Abb. 5-16) angegebene Standardabweichung $s_{\bar{x}}$ des arithmetischen Mittels aus:

$$s_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{s^2}{n}} \quad \text{bzw.} \quad \frac{s}{\sqrt{n}}$$

wobei die Standardabweichung nach allgemeiner Def inition als diejenige Abweichung einer statistischen Meßgröße vom Mittelwert einer Normalverteilung gilt, innerhalb derer 2/3 aller Meßwerte liegen.

t-Test für den Vergleich zweier Mittelwerte unabhängiger Stichproben:

Jede Kalteintauchung wurde im vorliegenden Fall als unabhängige Stichprobe angesehen. Um zu prüfen, ob sich die Mittelwerte zweier

Kaltreize signifikant voneinander unterschieden, kam der t-Test für ungleiche Varianzen zur Anwendung:

$$\hat{t} = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{s_1^2 + s_2^2}{n}}}$$

Der Freiheitsgrad $\gamma = 2n_1 - 2$

Dabei wurde die Nullhypothese $H_o$ ($\Rightarrow$ den beiden Stichproben liegen Grundgesamtheiten zugrunde deren Mittelwerte gleich sind) auf dem 100 % Niveau abgelehnt, sobald die Prüfgröße $\hat{t} \geq t_\gamma$ war und die Alternativhypothese H (= die Mittelwerte sind nicht gleich) entsprechend dem Wert des Tabellenanhanges bei SACHS für den jeweiligen Freiheitsgrad $\gamma$ auf dem 5 %, 1 % oder 0,1 % Niveau bestätigt werden konnte.

## III. Ergebnisse.

### a) Allgemeine Vorbemerkungen

Wie der Vergleich der absoluten Reaktionswerte aufzeigte, ergaben sich zum Teil erhebliche Unterschiede des Reaktionsniveaus zwischen den einzelnen Probanden. Dies illustriert Abbildung 3: Es wurden die Ergebnisse von 2 x 2 Versuchspersonen mit besonders stark voneinander abweichenden Reaktionen aufgezeichnet. Dabei zeigt insbesondere der diastolische Blutdruck, daß das Habituationsverhalten sich im Gegensatz zur Reaktionshöhe nicht wesentlich voneinander unterscheidet, vielmehr findet beim 2-Minuten-Intervall eine Habituation statt, jedoch auf unterschiedlichem Niveau (vgl. Abb. 3A).
Dementsprechend entstanden sehr große Varianzwerte. Um diese Unterschiede auszugleichen und zu einer aussagekräftigen Bewertung der allein interessierenden relativen Veränderungen zu kommen, wurden die gefundenen Daten umgerechnet. Dazu wurde für jede Versuchsperson die Summe aller Kaltreaktionen ( $\sum_{\Delta}$ RR) eines Versuches gebildet und das arithmetische Mittel durch Division mit der Anzahl der Kalteintauchungen errechnet. Dieser individuelle Mittelwert galt als 100 % und es wurde die prozentuale Abweichung für jede Einzelreaktion einer Serie von diesem Wert berechnet. Die Zeichnungen (Abb. 5-16) zeigen demgemäß das mittlere Verhalten der Blutdruckreaktionen in % vom individuellen Mittelwert.

Für die Pulsreaktion konnte die Darstellung in absoluten Werten beibehalten werden.

Die in den nachfolgenden Tabellen aufgeführten Ergebnisse sind mit Symbolen entsprechend denen der Seiten 16 und 17 versehen worden.

Als Vergleichsgrundlage dienten die von STREMPEL (1976a) mitgeteilten Befunde (vgl. Abb. 4). Danach zeigen alle Probanden beim 1-Minuten-Intervall im Mittel eine deutliche Habituation und zwar auch bei Aufteilung des Versuchskollektivs

in zwei Teilgruppen mit einem Puls-Atem-Quotienten von größer und kleiner 4.
Diese Unterteilung in Gesamtkollektiv, ergotrope (QPA>4) und trophotrope (QPA<4)-Teilgruppe, wurde auch für die vorliegende Arbeit gewählt. Beim t-Test wurde immer der erste Mittelwert $\bar{x}_1$ als Vergleichswert benutzt; auf Ausnahmen wird hingewiesen.

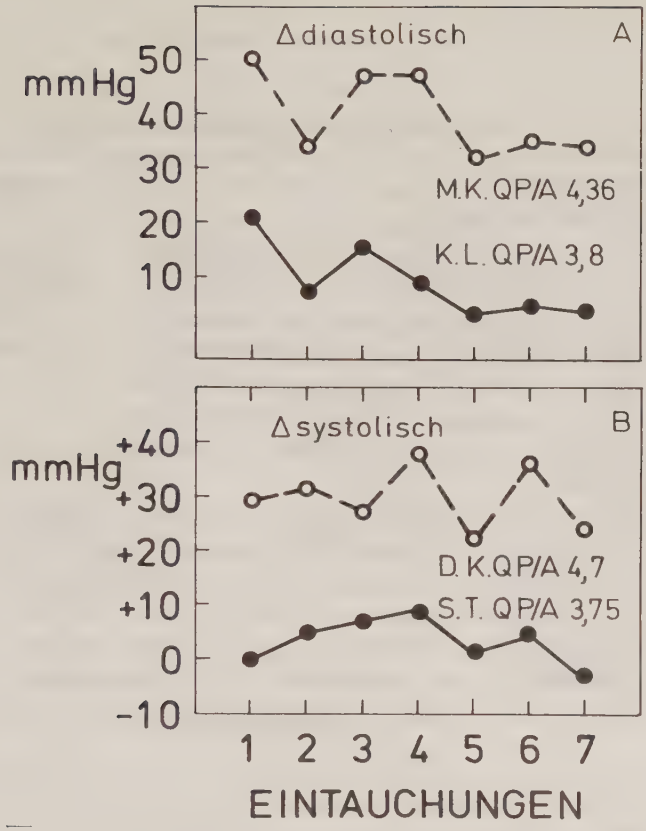


Abb. 3: Blutdruckreaktion (RR-Reakt. - RR-Ruhe) von 4 Versuchspersonen zur Verdeutlichung unterschiedlicher Reaktionsniveaus.

A = Diastolischer RR

B = Systolischer RR

(2-Minuten-Intervall, 7-malige Eintauchung)

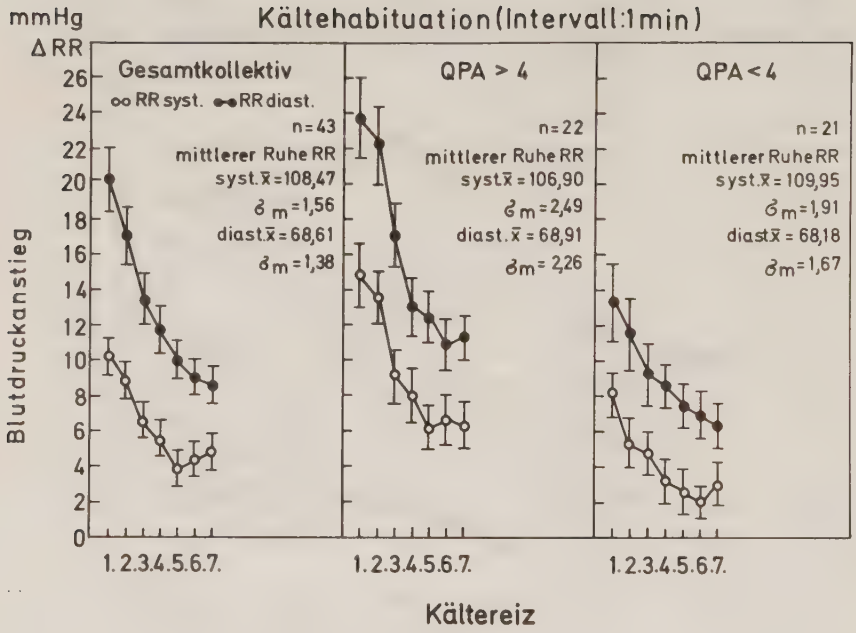


Abb. 4: "Mittleres Verhalten der Blutdruckreaktion bei 7-maliger Anwendung des Cold-Pressure-Tests in Abständen von einer Minute. Die Klammern geben den Bereich des mittleren Fehlers der Mittelwerte an.
Links: Gesamtkollektiv,
Mitte: mehr ergotrop eingestellte Teilgruppe, (QP/A>4)
Rechts: mehr trophotrop eingestellte Teilgruppe." (QP/A<4)
(aus HILDEBRANDT 1976)

b) Das 2-Minuten-Intervall. (vgl. Tab. 1-3, Abb. 5-7)

b1) Verhalten des diastolischen Blutdruckes. (vgl. Tab. 1, Abb. 5)

Wie aus der Tabelle hervorgeht, läßt sich bei der Betrachtung des Gesamtkollektivs bereits bei der 4. Eintauchung ein Habituationserfolg feststellen, der auf dem 5 %-Niveau ($p<o,o5$) statistisch signifikant ist. Für die 5. Eintauchung ist dies auf dem 1 %-Niveau ($p<o,o1$) möglich. Bei der 6. Kaltexposition zeigt sich eine leichte Remission des Habituationserfolges, jedoch ist auch hier noch $\bar{x}_6$ gegenüber $\bar{x}_1$ auf dem 5 %-Niveau ($P<o,o5$) deutlich geringer. Für die 7. Reizung ist der Reaktionsabfall wieder signifikant auf dem 1 %-Niveau zu sichern ($P<o,o1$). Betrachtet man die Teilgruppen, so zeigt sich, daß bei der ergotropen Gruppe (QPA>4) lediglich ein schwach signifikanter mittlerer Reaktionsrückgang für die letzte Kalteintauchung auf dem 5 %-Niveau ($P<o,o5$) zu sichern ist.

Hingegen läßt sich bei der trophotropen Teilgruppe bereits beim 5. Reiz eine deutliche Habituation feststellen, für die der t-Test eine Signifikanz auf dem 1 %-Niveau ($P<o,o1$) nachweisen läßt. Bei den beiden folgenden Kalteintauchungen findet zwar ein leichter Wiederanstieg der Blutdruckreaktion statt, wobei die hier errechneten Mittelwerte jedoch trotz geringerer Signifikanz (5 %-Niveau, $P<o,o5$) anzeigen, daß hier eine dauerhafte Habituation stattgefunden hat.

Das Gesamtkollektiv zeigt eine Reaktionsabnahme von 117,25 % bei $\bar{x}_1$ auf im Mittel der Eintauchungen 4 - 7 von 90,8 %, d.h. um 26,45 %, wobei die Standardabweichung hier einmal nicht berücksichtigt sein soll. Bei der mehr ergotrop eingestellten Teilgruppe sind dies zwar 22,86 %, jedoch nur als Differenz zwischen dem ersten und letzten Mittelwert. Bei der mehr trophotrop eingestellten Teilgruppe läßt sich hingegen eine Abnahme 124,65 % bei $\bar{x}_1$ auf im Mittel der letzten 3 Eintauchungen von 81,66 % beobachten, was einer Differenz von 42,99 % entspricht. Der Habituationserfolg des Gesamtkollektivs ist daher in erster Linie dem Einfluß der trophotropen Probanden zuzuschreiben.

b2) Verhalten des systolischen Blutdruckes. (vgl. Tab. 2, Abb. 6)

Beim Vergleich der systolischen Mittelwerte läßt sich kein Habituationserfolg signifikant absichern, obwohl z.B. beim Gesamtkollektiv der Mittelwert von anfänglich 102,75 % nach einem Anstieg bis zur 4. Eintauchung anschließend auf 73,6 % abfällt. Auch bei der Betrachtung der Teilgruppen läßt sich in Bezug auf eine Reaktionsabnahme die Nullhypothese nicht ablehnen. Diese Befunde erklären sich nicht zuletzt durch die sehr starke interindividuelle Streuung (vgl. die Standardabweichungen der Tab. 2).

Die trophotrop eingestellte Teilgruppe (QPA<4) zeigt sogar einen auf dem 5 %-Niveau ($P<0{,}05$) schwach signifikanten Reaktionsanstieg bis zur 5. Eintauchung.

b3) Verhalten der Pulsreaktion.

Zwar zeigen die Kurven graphisch eine leichte Tendenz zur Abnahme, jedoch läßt sich weder für das Gesamtkollektiv, noch für die Teilgruppe die Nullhypothese ablehnen. Eine signifikante Reaktionsabnahme findet also beim Puls nicht statt.

b4) Ergebnisse der statistischen Auswertung bei 2 Minuten Reizabstand, Blutdruckwerte in % vom individuellen Mittelwert, Puls als $\Delta$ P = Reaktionspuls - Ruhepuls.

$t_{0,05;\ 0,01}$ aus SACHS (1972), $\phi$ = kein signifikanter t-Test-Wert, AW = Ausgangswert.

Tab. 1 Diastolischer Blutdruck.

| Kalteintauchung | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Gesamtkollektiv n = 25 | $\bar{x}$ | 117,25 | 104,37 | 113,98 | 96,16 | 88,54 | 92,62 | 85,87 |
| | s | 32,2 | 32,6 | 29,23 | 25,11 | 33,18 | 30,09 | 26,95 |
| | $s_{\bar{x}}$ | 7,4 | 6,7 | 5,8 | 5,0 | 6,6 | 6,1 | 5,6 |
| | $\hat{t}$ | AW | $\phi$ | $\phi$ | 2,3643 | 2,8912 | 2,6036 | 3,3815 |
| QPA>4 n= 13 | $\bar{x}$ | 110,98 | 97,58 | 120,3 | 90,78 | 100,77 | 90,29 | 88,12 |
| | s | 30,42 | 27,1 | 20,89 | 22,75 | 27,26 | 30,06 | 14,45 |
| | $s_{\bar{x}}$ | 8,4 | 7,8 | 5,8 | 6,3 | 7,6 | 8,3 | 4,2 |
| | $\hat{t}$ | AW | $\phi$ | $\phi$ | $\phi$ | $\phi$ | $\phi$ | 2,4293 |
| QPA<4 n= 12 | $\bar{x}$ | 124,65 | 111,17 | 107,98 | 101,98 | 75,28 | 86,28 | 83,42 |
| | s | 42,32 | 37,25 | 36,47 | 27,21 | 34,96 | 39,61 | 36,83 |
| | $s_{\bar{x}}$ | 12,7 | 10,8 | 10,5 | 7,9 | 10,1 | 11,9 | 11,1 |
| | $\hat{t}$ | AW | $\phi$ | $\phi$ | $\phi$ | 3,0344 | 2,1951 | 2,4368 |

$t_{48,\underline{0,05}}=2,011$ ; $t_{48,\underline{0,01}}=2,682$

$t_{24,\underline{0,05}}=2,064$

$t_{22,\underline{0,05}}=2,074$ ; $t_{22,\underline{0,01}}=2,819$

Tab. 2 Systolischer Blutdruck.

| Kalteintauchung | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Gesamtkollektiv n = 25 | $\bar{x}$ | 102,75 | 109,39 | 110,0 | 126,75 | 83,11 | 97,06 | 73,6 |
| | s | 50,28 | 70,02 | 74,73 | 76,6 | 57,17 | 64,74 | 138,34 |
| | $s_{\bar{x}}$ | 10,1 | 14,0 | 15,0 | 15,3 | 11,4 | 13,0 | 27,7 |
| | $\hat{t}$ | AW | $\phi$ | $\phi$ | $\phi$ | $\phi$ | $\phi$ | $\phi$ |
| QPA>4 n= 13 | $\bar{x}$ | 115,97 | 119,09 | 111,08 | 108,81 | 78,28 | 104,0 | 59,82 |
| | s | 38,45 | 78,19 | 59,27 | 79,76 | 53,56 | 69,16 | 128,06 |
| | $s_{\bar{x}}$ | 10,7 | 21,7 | 16,4 | 22,1 | 14,9 | 19,2 | 38,6 |
| | $\hat{t}$ | AW | $\phi$ | $\phi$ | $\phi$ | $\phi$ | $\phi$ | $\phi$ |
| QPA<4 n= 12 | $\bar{x}$ | 85,56 | 100,5 | 100,36 | 146,09 | 88,8 | 88,84 | 86,22 |
| | s | 60,24 | 63,76 | 95,56 | 71,15 | 63,56 | 61,37 | 151,7 |
| | $s_{\bar{x}}$ | 17,4 | 18,4 | 27,6 | 20,6 | 18,4 | 17,7 | 43,8 |
| | $\hat{t}$ | AW | $\phi$ | $\phi$ | $\phi$ | 2,6306 | $\phi$ | $\phi$ |

$t_{22;\ \underline{0,05}}=2,074$

Tab. 3 Pulsreaktion

| Kalteintauchung | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Gesamtkollektiv n = 28 | $\bar{x}$ | 4,86 | 3,79 | 3,96 | 3,14 | 3,19 | 3,93 | 3,37 |
| | s | 7,06 | 6,48 | 5,51 | 5,2 | 3,67 | 6,43 | 5,66 |
| | $s_{\bar{x}}$ | 1,3 | 1,2 | 1,0 | 1,0 | 1,3 | 1,2 | 1,1 |
| QPA>4 n = 16 | $\bar{x}$ | 5,13 | 5,31 | 4,44 | 3,5 | 4,31 | 5,13 | 3,87 |
| | s | 7,12 | 6,16 | 5,99 | 5,03 | 6,95 | 5,17 | 5,73 |
| | $s_{\bar{x}}$ | 1,8 | 1,5 | 1,5 | 1,3 | 1,7 | 1,3 | 1,4 |
| QPA<4 n = 12 | $\bar{x}$ | 4,5 | 1,92 | 3,62 | 2,67 | 2,92 | 2,18 | 2,75 |
| | s | 7,28 | 6,54 | 4,89 | 5,61 | 7,57 | 7,86 | 5,75 |
| | $s_{\bar{x}}$ | 2,1 | 1,9 | 1,4 | 1,6 | 2,2 | 2,3 | 1,7 |

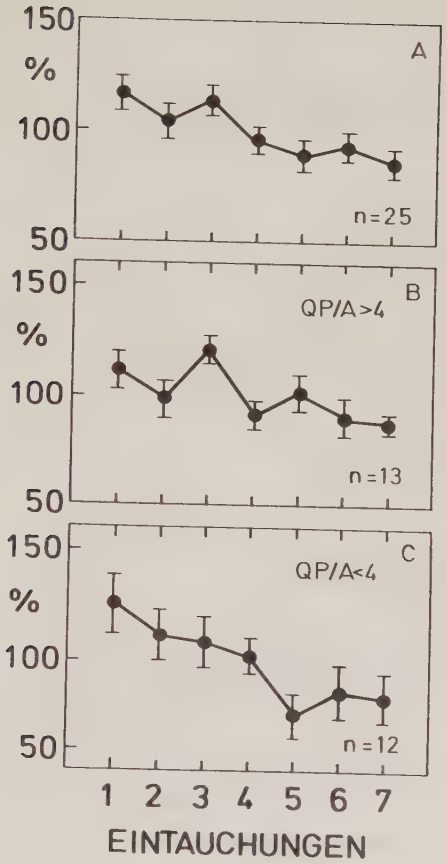


Abb. 5: Mittleres Verhalten der diastolischen Reaktionswerte (RR. Reakt. - RR.Ruhe) beim 2-Minuten-Intervall in % vom individuellen Mittelwert. Die Klammern bezeichnen die Standardabweichung des arithmetischen Mittels.

A: Gesamtkollektiv

B: Ergotrope Teilgruppe

C: Trophotrope Teilgruppe

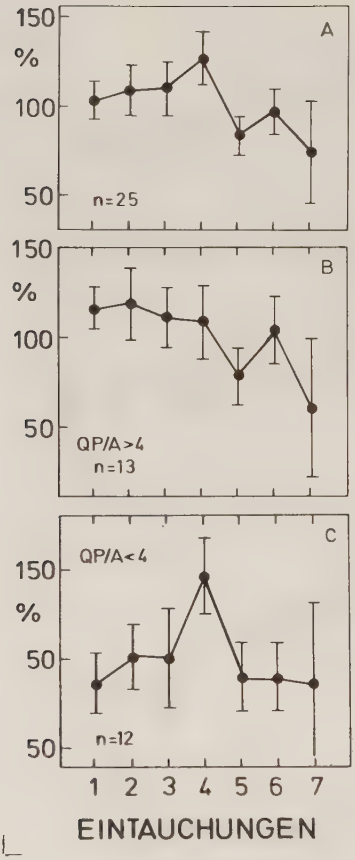


Abb. 6: Mittleres Verhalten der systolischen Reaktionswerte (RR. Reakt. - RR. Ruhe) beim 2-Minuten-Intervall in % vom individuellen Mittelwert. Die Klammern bezeichnen die Standardabweichung des arithmetischen Mittels.

A: Gesamtkollektiv

B: Ergotrope Teilgruppe

C: Trophotrope Teilgruppe

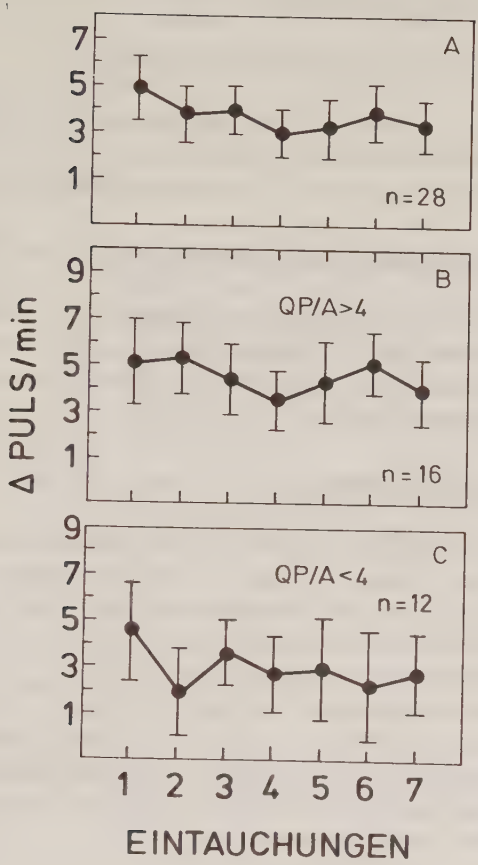


Abb. 7: Mittleres Verhalten der Pulsreaktion (Reaktionspuls - Ruhepuls) beim 2-Minuten-Intervall in absoluten Werten. Die Klammern bezeichnen die Standardabweichung des arithmetischen Mittels.

A: Gesamtkollektiv

B: Ergotrope Teilgruppe

C: Trophotrope Teilgruppe

c) Das 5-Minuten-Intervall. (vgl. Tab. 4-6, Abb. 8-10)

c1) Verhalten des diastolischen Blutdruckes. (vgl. Tab. 4, Abb. 8)

Anhand des vorliegenden Stichprobenumfanges ist eine Ablehnung der Nullhypothese in keinem Fall möglich. Der diastolische Blutdruck zeigt also bei 5 Minuten Reizabstand keine Habituation.

c2) Verhalten des systolischen Blutdruckes. (vgl. Tab. 5, Abb. 9)

Ebenso verhält es sich bei diesem Parameter, bei dem signifikante Veränderungen nicht nachweisbar sind. Dies gilt insbesondere auch für den in Abb. 9C bei der trophotropen Gruppe auffallenden Reaktionsanstieg bis zur 4. Eintauchung.

c3) Verhalten der Pulsreaktion. (vgl. Tab. 6, Abb. 10)

Für das Gesamtkollektiv, sowie für die ergotrope Teilgruppe, läßt sich in keinem Fall die Nullhypothese ablehnen. Im Gegensatz hierzu zeigt sich bei der trophotropen Gruppe ein Anstieg der Pulsreaktion, die von der ersten zur zweiten Eintauchung auf dem 5 %-Niveau ($P<0{,}05$) signifikant ist.
Gleichermaßen verhält es sich bei der 3. Reizung. Bis zur 4. Kaltreizung findet dann sogar ein auf dem 1 %-Niveau ($P<0{,}01$) signifikanter Anstieg statt. Die Mittelwerte bleiben sodann auf einem fast gleich hohen Wert, wobei sich jedoch die Standardabweichung stark vergrößert.

c4) Ergebnisse der statistischen Auswertung bei 5 Minuten Reizabstand

Blutdruckwerte in % vom individuellen Mittelwert,

Puls als $\Delta$ P = Reaktionspuls-Ruhepuls.

$t_{o,o5;\ o,ol}$ aus SACHS (1972), $\phi$ = kein signifikanter t-Test-Wert, AW = Ausgangswert.

Tab. 4 Diastolischer Blutdruck.

| Kalteintauchung | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Gesamtkollektiv n = 15 | $\bar{x}$ | 94,4 | 101,08 | 96,05 | 112,5 | 96,31 | 99,21 |
| | s | 35,34 | 26,71 | 20,85 | 32,76 | 31,74 | 26,55 |
| | $s_{\bar{x}}$ | 9,1 | 6,9 | 5,4 | 8,5 | 8,2 | 6,2 |
| | $\hat{t}$ | AW | $\phi$ | $\phi$ | $\phi$ | $\phi$ | $\phi$ |
| QPA>4 n = 7 | $\bar{x}$ | 104,9 | 103,79 | 84,36 | 106,2 | 104,33 | 95,96 |
| | s | 23,34 | 32,28 | 12,1 | 7,62 | 29,6 | 14,38 |
| | $s_{\bar{x}}$ | 8,8 | 12,2 | 4,6 | 2,9 | 11,2 | 5,4 |
| | $\hat{t}$ | AW | $\phi$ | $\phi$ | $\phi$ | $\phi$ | $\phi$ |
| QPA<4 n = 8 | $\bar{x}$ | 85,21 | 98,71 | 106,34 | 118,01 | 89,3 | 102,06 |
| | s | 42,71 | 22,8 | 22,02 | 44,98 | 33,81 | 34,83 |
| | $s_{\bar{x}}$ | 15,1 | 8,1 | 7,8 | 15,9 | 11,9 | 12,3 |
| | $\hat{t}$ | AW | $\phi$ | $\phi$ | $\phi$ | $\phi$ | $\phi$ |

Tab. 5 Systolischer Blutdruck.

| Kalteintauchung | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Gesamtkollektiv n = 15 | $\bar{x}$ | 99,71 | 95,44 | 110,89 | 116,31 | 89,5 | 87,88 |
| | s | 55,5 | 52,26 | 66,78 | 36,14 | 69,81 | 51.23 |
| | $s_{\bar{x}}$ | 14,3 | 14,0 | 17,3 | 9,3 | 18,0 | 13,2 |
| | $\hat{t}$ | AW | $\phi$ | $\phi$ | $\phi$ | $\phi$ | $\phi$ |
| QPA>4 n = 7 | $\bar{x}$ | 95,29 | 97,97 | 108,41 | 99,4 | 85,17 | 113,34 |
| | s | 45,89 | 46,91 | 46,83 | 27,87 | 24,91 | 38,55 |
| | $s_{\bar{x}}$ | 17,3 | 17,7 | 17,7 | 8,3 | 9,4 | 14,5 |
| | $\hat{t}$ | AW | $\phi$ | $\phi$ | $\phi$ | $\phi$ | $\phi$ |
| QPA<4 n = 8 | $\bar{x}$ | 103,58 | 92,91 | 113,05 | 131,1 | 93,29 | 65,6 |
| | s | 65,73 | 60,84 | 83,83 | 37,55 | 95,81 | 52,5 |
| | $s_{\bar{x}}$ | 23,2 | 23,0 | 29,6 | 13,3 | 33,9 | 18,6 |
| | $\hat{t}$ | AW | $\phi$ | $\phi$ | $\phi$ | $\phi$ | $\phi$ |

Tab. 6 Pulsreaktion.

| Kalteintauchung | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Gesamtkollektiv | $\bar{x}$ | 3,44 | 5,19 | 4,13 | 5,25 | 4,06 | 5,31 |
| | s | 7,33 | 5,61 | 5,34 | 4,07 | 5,37 | 8,66 |
| n = 16 | $s_{\bar{x}}$ | 1,8 | 1,4 | 1,3 | 1,0 | 1,3 | 2,2 |
| QPA>4 | $\bar{x}$ | 9,86 | 8,67 | 6,43 | 7,71 | 5,71 | 8,71 |
| | s | 5,79 | 5,47 | 7,18 | 4,46 | 4,96 | 7,45 |
| n = 7 | $s_{\bar{x}}$ | 2,2 | 2,1 | 2,7 | 1,7 | 1,9 | 2,8 |
| QPA<4 | $\bar{x}$ | -1,56 | 2,0 | 2,33 | 3,33 | 2,78 | 2,67 |
| | s | 3,4 | 3,5 | 2,55 | 2,6 | 5,61 | 9,0 |
| n = 9 | $s_{\bar{x}}$ | 1,1 | 1,2 | 0,9 | 0,9 | 1,9 | 3,0 |
| | $\hat{t}$ | AW | 2,1887 | 2,7458 | 3,4275 | ø | ø |

$t_{16,\underline{0,05}}=2,120$; $t_{16,\underline{0,01}}=2,921$

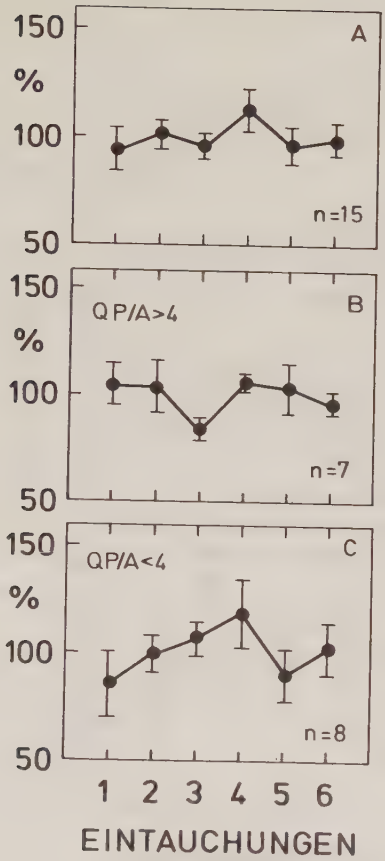


Abb. 8: Mittleres Verhalten der diastolischen Reaktionswerte (RR. Reakt. - RR. Ruhe) beim 5-Minuten-Intervall in % vom individuellen Mittelwert. Die Klammern bezeichnen die Standardabweichung des arithmetischen Mittels.

A: Gesamtkollektiv

B: Ergotrope Teilgruppe

C: Trophotrope Teilgruppe

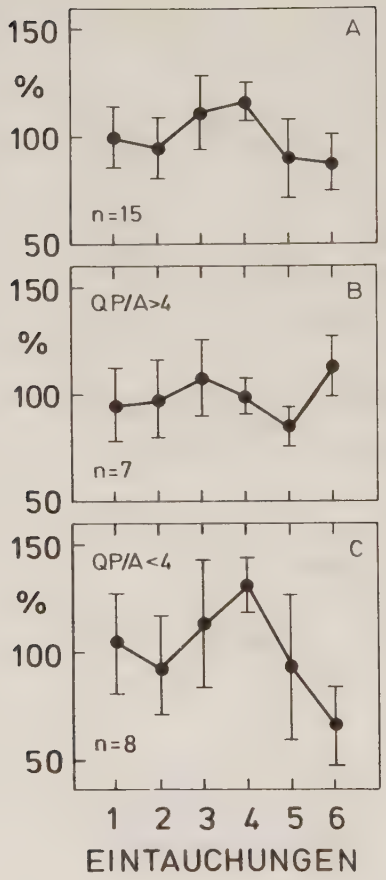


Abb. 9: Mittleres Verhalten der systolischen Reaktionswerte (RR.Reakt. - RR. Ruhe) beim 5-Minuten-Intervall in % vom individuellen Mittelwert. Die Klammern bezeichnen die Standardabweichung des arithmetischen Mittels.

A: Gesamtkollektiv

B: Ergotrope Teilgruppe

C: Trophotrope Teilgruppe

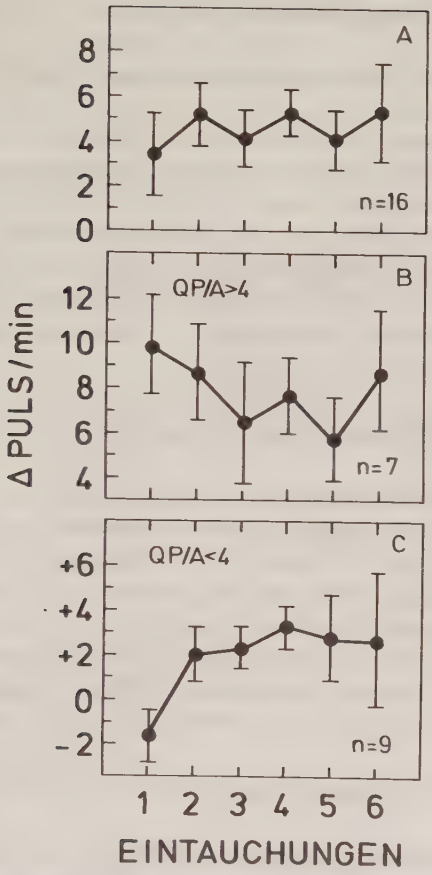


Abb. 10: Mittleres Verhalten der Pulsreaktion (Reaktionspuls - Ruhepuls) beim 5-Minuten-Intervall in absoluten Werten. Die Klammern bezeichnen die Standardabweichung des arithmetischen Mittels.

A: Gesamtkollektiv

B: Ergotrope Teilgruppe

C: Trophotrope Teilgruppe

d) Das 10-Minuten-Intervall. (vgl. Tab. 7-9, Abb. 11-13)

d1) Verhalten des diastolischen Blutdruckes. (vgl. Tab. 7, Abb. 11)

Für das Gesamtkollektiv sowie für die ergotrope Teilgruppe (QPA>4) lassen sich keine signifikanten Veränderungen absichern. Bei der trophotropen Gruppe findet sich zwar eine Abnahme der Reaktion (vgl. Abb. 11C), die jedoch eine Ablehnung der Nullhypothese nicht zuläßt, wenn der Mittelwert der 1. Eintauchung mit dem der 6. verglichen wird. Dagegen ist der Reaktionsabfall von der 2. zur 6. Kaltexposition statistisch auf dem 5 %-Niveau ($P<0,05$) schwach signifikant.

d2) Verhalten des systolischen Blutdruckes. (vgl. Tab. 8, Abb. 12)

Betrachtet man hier den 1. und 6. Reaktionswert des Gesamtkollektivs, so zeigt sich, daß der hier auffallende Reaktionsabfall auf dem 5 %-Niveau ($P<0,05$) signifikant ist. Die ergotrope Teilgruppe läßt zwar rein graphisch (vgl. Abb.12B) starke Schwankungen erkennen, die sich jedoch nicht statistisch absichern lassen. Hingegen ist bei der mehr trophotropen Gruppe die Reaktionsverminderung bei der 6. Eintauchung gegenüber der ersten auf dem 5 %-Niveau ($P<0,05$) signifikant.

d3) Verhalten der Pulsreaktion. (vgl. Tab. 9, Abb. 13)

Die Graphik(Abb. 13) zeigt hier sowohl für das Gesamtkollektiv, als auch für die Teilgruppen einen Anstieg der Pulsreaktion, jedoch läßt sich lediglich für die trophotrope Gruppe ein signifikanter Zuwachs feststellen: von der 1. zur 5. Eintauchung auf dem 5 %-Niveau, von der 1. zur 6. Reizung sogar auf dem 1 %-Niveau ($P<0,01$).

44) Ergebnisse der statistischen Auswertung bei 10 Minuten Reizabstand

Blutdruckwerte in % vom individuellen Mittelwert,

Puls als $\Delta$ P = Reaktionswert-Ruhewert.

$\phi$ = kein signifikanter t-Test-Wert,

$t_{o,o5;\ o,ol}$ aus SACHS (1972), AW = Ausgangswert.

Tab. 7 Diastolischer Blutdruck.

| Kalteintauchung | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Gesamtkollektiv n = 9 | $\bar{x}$ | 99,42 | 96,17 | 99,91 | 100,58 | 102,37 | 85,94 |
| | s | 51,1 | 24,91 | 32,2 | 36,47 | 48,98 | 21,03 |
| | $s_{\bar{x}}$ | 17,0 | 8,3 | 10,7 | 12,2 | 16,3 | 7,4 |
| | $\hat{t}$ | AW | $\phi$ | $\phi$ | $\phi$ | $\phi$ | $\phi$ |
| QPA>4 n = 4 | $\bar{x}$ | 91,58 | 83,3 | 84,8 | 117,33 | 127,10 | 95,93 |
| | s | 19,96 | 24,62 | 31,84 | 40,99 | 49,41 | 24,33 |
| | $s_{\bar{x}}$ | 10,0 | 12,3 | 15,9 | 20,5 | 24,7 | 12,2 |
| | $\hat{t}$ | AW | $\phi$ | $\phi$ | $\phi$ | $\phi$ | $\phi$ |
| QPA<4 n = 5 | $\bar{x}$ | 123,48 | 106,46 | 112,0 | 87,18 | 82,58 | 75,95 |
| | s | 46,19 | 22,11 | 30,08 | 29,92 | 43,21 | 13,2 |
| | $s_{\bar{x}}$ | 20,6 | 9,9 | 13,4 | 13,4 | 19,3 | 6,6 |
| | $\hat{t}$ | AW | $\phi$ | $\phi$ | $\phi$ | $\phi$ | 2,5639 ($=t_{2-6}$) |

$t_{8,o,o5}=2,306$

Tab. 8 Systolischer Blutdruck.

| Kalteintauchung | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Gesamtkollektiv n = 8 | $\bar{x}$ | 110,36 | 91,93 | 99,58 | 116,03 | 108,89 | 71,53 |
| | s | 39,76 | 29,77 | 34,73 | 47,1 | 40,24 | 30,89 |
| | $s_{\bar{x}}$ | 14,o | 10,5 | 12,3 | 16,6 | 14,2 | 10,9 |
| | $\hat{t}$ | AW | $\phi$ | $\phi$ | $\phi$ | $\phi$ | 2,1815 |
| QPA>4 n = 4 | $\bar{x}$ | 99,95 | 62,4 | 76,1 | 152,55 | 104,7 | 77,93 |
| | s | 52,26 | 36,12 | 25,66 | 14,0 | 43,09 | 37,22 |
| | $s_{\bar{x}}$ | 26,1 | 18,1 | 12,8 | 7,0 | 21,5 | 18,6 |
| | $\hat{t}$ | AW | $\phi$ | $\phi$ | $\phi$ | $\phi$ | $\phi$ |
| QPA<4 n = 4 | $\bar{x}$ | 120,78 | 96,45 | 123,05 | 79,5 | 113,08 | 65,13 |
| | s | 25,87 | 22,85 | 26,5 | 37,73 | 43,31 | 27,06 |
| | $s_{\bar{x}}$ | 12,9 | 11,4 | 13,3 | 18,9 | 21,7 | 13,5 |
| | $\hat{t}$ | AW | $\phi$ | $\phi$ | $\phi$ | $\phi$ | 2,9728 |

$t_{14;o,o5}=2,145$ $t_{6;o,o5}=2,447$

Tab. 9 Pulsreaktion.

| Kalteintauchung | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Gesamtkollektiv n = 9 | $\bar{x}$ | 1,44 | 3,22 | 6,56 | 3,33 | 5,78 | 7,63 |
| | s | 4,93 | 7,12 | 8,71 | 9,0 | 5,85 | 8,94 |
| | $s_{\bar{x}}$ | 1,6 | 2,4 | 2,9 | 3,0 | 2,0 | 3,0 |
| | $\hat{t}$ | AW | ø | ø | ø | ø | ø |
| QPA>4 n = 6 | $\bar{x}$ | 5,25 | 5,0 | 12,0 | 9,75 | 8,0 | 11,75 |
| | s | 5,12 | 6,32 | 10,42 | 9,84 | 6,73 | 11,73 |
| | $s_{\bar{x}}$ | 2,6 | 3,2 | 5,2 | 4,9 | 3,4 | 5,9 |
| | $\hat{t}$ | AW | ø | ø | ø | ø | ø |
| QPA<4 n = 3 | $\bar{x}$ | -1,6 | 1,8 | 2,2 | -1,8 | 4,0 | 3,5 |
| | s | 1,67 | 8,11 | 4,09 | 3,9 | 5,05 | 1,92 |
| | $s_{\bar{x}}$ | 0,8 | 3,6 | 1,8 | 1,7 | 2,3 | 1,0 |
| | $\hat{t}$ | AW | ø | ø | ø | 2,3648 | 4,193 |

$t_{8;\underline{0,05}}=2,306$ $t_{8;\underline{0,01}}=3,355$

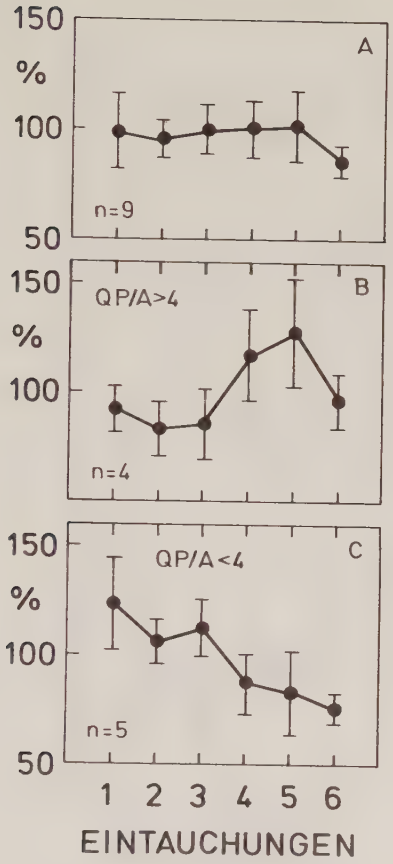


Abb. 11: Mittleres Verhalten der diastolischen Reaktionswerte (RR.Reakt. - RR.Ruhe) beim 10-Minuten-Intervall in % vom individuellen Mittelwert. Die Klammern bezeichnen die Standardabweichung des arithmetischen Mittels.

A: Gesamtkollektiv

B: Ergotrope Teilgruppe

C: Trophotrope Teilgruppe

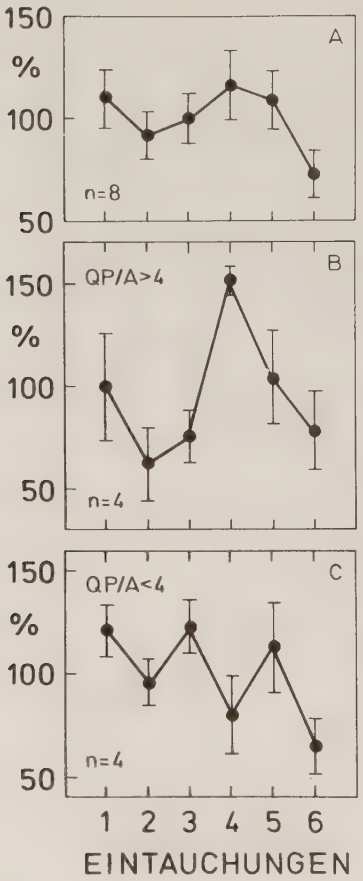


Abb. 12: Mittleres Verhalten der systolischen Reaktionswerte (RR.Reakt. - RR.Ruhe) beim 10-Minuten-Intervall in % vom individuellen Mittelwert. Die Klammern bezeichnen die Standardabweichung des arithmetischen Mittels.

A: Gesamtkollektiv

B: Ergotrope Teilgruppe

C: Trophotrope Teilgruppe

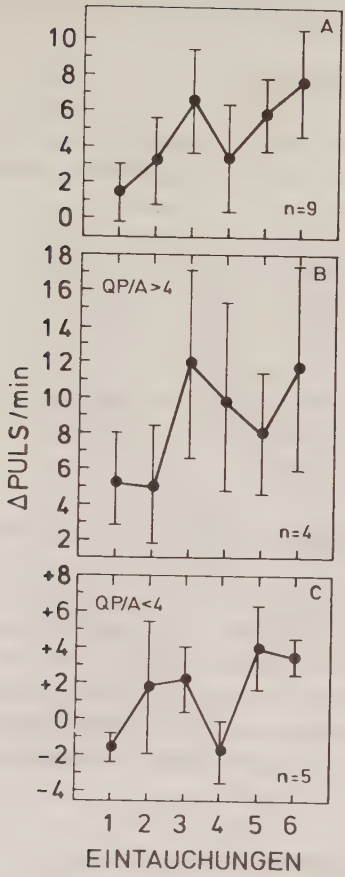


Abb. 13: Mittleres Verhalten der Pulsreaktion (Reaktionswerte - Ruhewerte) beim 10-Minuten-Intervall in absoluten Werten. Die Klammern bezeichnen die Standardabweichung des arithmetischen Mittels.

A: Gesamtkollektiv

B: Ergotrope Teilgruppe

C: Trophotrope Teilgruppe

e) Das 15-Minuten-Intervall. (vgl. Tab. 10-12; Abb. 14-16)

e1) Verhalten des diastolischen Blutdruckes. (vgl. Tab. 10; Abb. 14)

Das Gesamtkollektiv zeigt bei diesem Intervall von der ersten zur zweiten und dritten Eintauchung einen Reaktionsanstieg, der jeweils auf dem 5 %-Niveau ($P<0,05$) signifikant ist. Zwar behält der mittlere Reaktionsanstieg auch bei der vierten und fünften Eintauchung ein gleichhohes Niveau (vgl. Abb. 14 A), jedoch ohne statistische Signifikanz gegenüber dem Wert der ersten Kaltreizung.

Bei Betrachtung der Teilgruppen ist dieser Anstieg zwar auch festzustellen (vgl. Abb. 14 B + C), ein Signifikanznachweis ist hier dagegen nicht möglich.

e2) Verhalten des systolischen Blutdruckes. (vgl. Tab. 11; Abb. 15)

Der beim Gesamtkollektiv festzustellende Anstieg der Reaktionswerte bis zur dritten Eintauchung erweist sich gegenüber der ersten Kaltreizung als gerade eben auf dem 5 %-Niveau ($P<0,05$) signifikant. Bei den beiden Teilgruppen ist ein solcher Zusammenhang nicht mehr nachzuweisen. Wie auch Abb. 15 zeigt, verhalten sich systolischer und diastolischer Blutdruck in diesem Fall sehr ähnlich.

e3) Verhalten der Pulsreaktion. (vgl. Tab. 12; Abb. 16)

Wie schon beim Blutdruck, so kann man auch hier eine ansteigende Tendenz feststellen, wobei sich jedoch in keinem Fall die Nullhypothese ablehnen läßt.

e4) Ergebnisse der statistischen Auswertung bei 15 Minuten Reizabstand

Blutdruckwerte in % vom individuellen Mittelwert,

Puls als $\Delta P$ = Reaktionspuls-Ruhepuls.

$\phi$ = kein signifikanter t-Test-Wert, AW = Ausgangswert,

$t_{o,o5}$ aus SACHS (1972).

Tab. 10 Diastolischer Blutdruck.

| Kalteintauchung | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Gesamtkollektiv n = 9 | $\bar{x}$ | 78,52 | 111,93 | 103,98 | 105,51 | 107,76 |
| | s | 25,76 | 23,12 | 22,81 | 38,86 | 61,72 |
| | $s_{\bar{x}}$ | 8,6 | 7,7 | 7,6 | 13,0 | 20,6 |
| | $\hat{t}$ | AW | 2,8951 | 2,2197 | $\phi$ | $\phi$ |
| QPA>4 n = 6 | $\bar{x}$ | 84,8 | 104,87 | 112,15 | 101,82 | 107,93 |
| | s | 17,71 | 19,0 | 22,73 | 48,48 | 77,96 |
| | $s_{\bar{x}}$ | 7,2 | 7,8 | 9,3 | 19,8 | 29,4 |
| | $\hat{t}$ | AW | $\phi$ | $\phi$ | $\phi$ | $\phi$ |
| QPA<4 n = 3 | $\bar{x}$ | 65,97 | 126,07 | 87,63 | 100,27 | 107,4 |
| | s | 42,94 | 28,03 | 13,7 | 16,82 | 6,41 |
| | $s_{\bar{x}}$ | 24,8 | 16,2 | 7,9 | 9,7 | 3,7 |
| | $\hat{t}$ | AW | $\phi$ | $\phi$ | $\phi$ | $\phi$ |

$t_{16;o,o5}=2,120$

Tab. 11 Systolischer Blutdruck.

| Kalteintauchung | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Gesamtkollektiv n = 9 | $\bar{x}$ | 87,89 | 90,57 | 116,76 | 101,12 | 102,66 |
| | s | 34,12 | 25,47 | 23,84 | 37,1 | 38,29 |
| | $s_{\bar{x}}$ | 11,4 | 8,5 | 7,9 | 12,4 | 12,8 |
| | $\hat{t}$ | AW | $\phi$ | 2,152 | $\phi$ | $\phi$ |
| QPA>4 n = 6 | $\bar{x}$ | 90,63 | 103,22 | 118,3 | 88,95 | 98,88 |
| | s | 38,98 | 18,68 | 28,73 | 34,98 | 36,57 |
| | $s_{\bar{x}}$ | 15,9 | 7,6 | 11,7 | 15,1 | 14,9 |
| | $\hat{t}$ | AW | $\phi$ | $\phi$ | $\phi$ | $\phi$ |
| QPA<4 n = 3 | $\bar{x}$ | 82,4 | 65,27 | 116,67 | 125,47 | 110,2 |
| | s | 28,09 | 16,82 | 14,43 | 33,35 | 48,91 |
| | $s_{\bar{x}}$ | 16,2 | 9,7 | 8,3 | 19,3 | 28,3 |
| | $\hat{t}$ | AW | $\phi$ | $\phi$ | $\phi$ | $\phi$ |

$t_{16;o,o5}=2,120$

Tab. 12 Pulsreaktion.

| Kaltein-tauchung | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Gesamt-kollektiv | $\bar{x}$ | 1,98 | 4,11 | -,39 | 5,89 | 6,5? |
| | s | 6,92 | 5,37 | 10,46 | ?,?? | 7,25 |
| n = 9 | $s_{\bar{x}}$ | 2,31 | 1,79 | 3,49 | 1,? | ?,4 |
| QPA>4 | $\bar{x}$ | 3,67 | 5,0 | 8,83 | 7,33 | ?,?? |
| n = 6 | s | 7,94 | 6,2 | 9,47 | 6,09 | 5,21 |
| | $s_{\bar{x}}$ | 3,2 | 2,5 | 3,9 | 2,5 | ?,4 |
| QPA<4 | $\bar{x}$ | -1,67 | 2,33 | -3,0 | 3,0 | ?,? |
| n = 3 | s | 2,51 | 3,51 | 8,54 | 2,0 | ?,0 |
| | $s_{\bar{x}}$ | 1,3 | 2,0 | 4,9 | 1,2 | 1,2 |

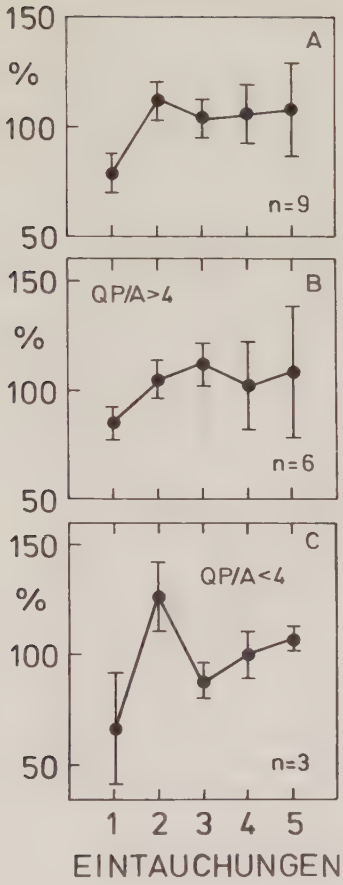


Abb. 14: Mittleres Verhalten der diastolischen Reaktionswerte (RR. Reakt. - RR. Ruhe) beim 15-Minuten-Intervall in % vom individuellen Mittelwert. Die Klammern bezeichnen die Standardabweichung des arithmetischen Mittels.

A: Gesamtkollektiv

B: Ergotrope Teilgruppe

C: Trophotrope Teilgruppe

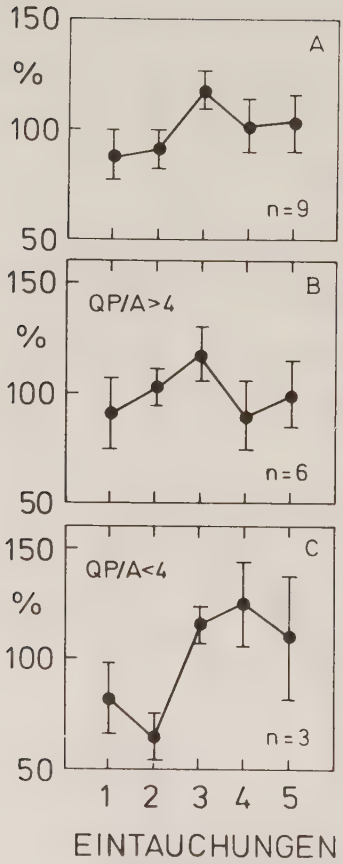


Abb. 15: Mittleres Verhalten der systolischen Reaktionswerte (RR. Reakt. - RR. Ruhe) beim 15-Minuten-Intervall in % vom individuellen Mittelwert. Die Klammern bezeichnen die Standardabweichung des arithmetischen Mittels.

A: Gesamtkollektiv

B: Ergotrope Teilgruppe

C: Trophotrope Teilgruppe

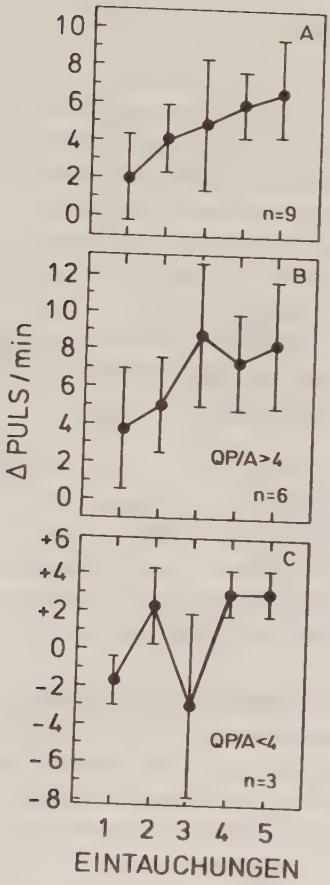


Abb. 16: Mittleres Verhalten der Pulsreaktion (Reaktionswerte - Ruhewerte) beim 15-Minuten-Intervall in absoluten Werten. Die Klammern bezeichnen die Standardabweichung des arithmetischen Mittels.

A: Gesamtkollektiv

B: Ergotrope Teilgruppe

C: Trophotrope Teilgruppe

f) Weitere Befunde.

f1) Einfluß der Ausgangswerte.

Wie aus den Tabellen 1 - 12 zu ersehen ist, bestehen bei den Reaktionen des diastolischen Blutdrucks erhebliche interindividuelle Schwankungen, was sich deutlich in den Zahlen der Standardabweichungen niederschlägt. Um nun zu überprüfen, ob eine Beziehung zwischen dem jeweiligen Ruhewert vor der ersten Kalteintauchung und dem unmittelbar folgenden Reaktionswert $\Delta$ RR besteht, ist dieser in Abhängigkeit vom jeweiligen Ruhewert aufgetragen worden (vgl. Abb. 17).
Für diese Berechnung wurden die Werte der ersten Eintauchung aller 58 ausgewerteten Versuche verwendet, da hier die Bedingungen für alle Versuchspersonen gleich waren.

Wie die Abbildung 17 zeigt, ergibt sich eine deutliche negative Korrelation zwischen den beiden Größen:
$r = -0{,}39 > 0{,}3329 = r_{0{,}01}$ für $n = 58$;
die Nullhypothese läßt sich auf dem 1 %-Niveau verwerfen.
Bei höheren diastolischen Ruhewerten sinkt also der zugehörige Reaktionszuwachs bei erstmaliger Anwendung des CP-Tests.

Nach mehrmaliger Eintauchung findet sich beim 2-, 5- und 10-Minuten-Intervall zwar auch noch eine leicht negative Korrelation, jedoch ohne statistische Signifikanz. Bei 15 Minuten Reizabstand ist hingegen für 9 Probanden nach 15 maliger Reizung eine schwach signifikante Ruhewertabhängigkeit feststellbar, da
$r = -0{,}65 > 0{,}6319 = r_{0{,}05}$ für $n = 8$.
Damit ist hier die Nullhypothese noch auf dem 5 %-Niveau ablehnbar.

In der gleichen Weise ist für den systolischen Blutdruck und für die Pulsreaktion verfahren worden. Hier war jedoch in keinem Fall eine statistisch signifikante Korrelation nachweisbar.

Desweiteren sind diese Wertepaare nach dem zugehörigen Puls-Atem-Quotienten gruppiert worden. Die dabei gefundenen Korrelationen

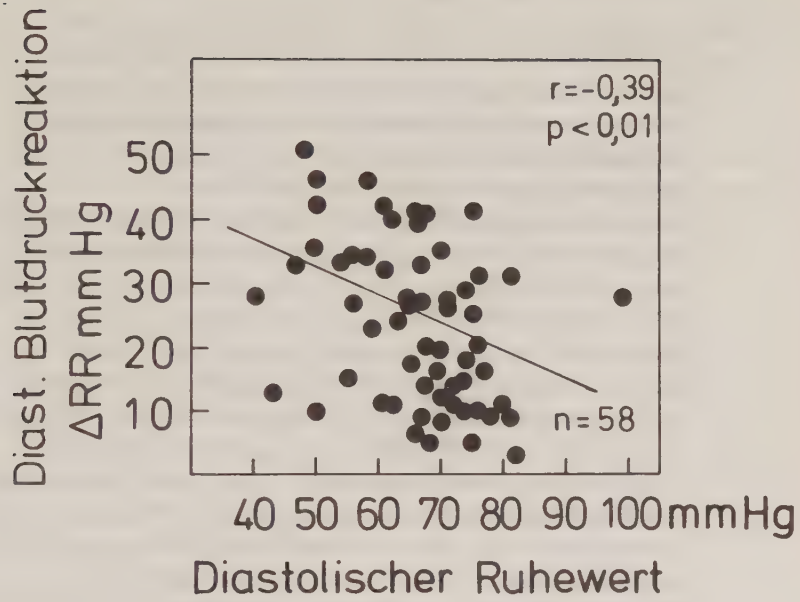


Abb. 17: Diastolische Blutdruckreaktion von 58 Versuchspersonen während der jeweils ersten Kalteintauchung einer Hand in Anhängigkeit vom jeweiligen Ruheausgangswert.
Die Gerade kennzeichnet die Regression $y = a + b_y \cdot x$

sind weder bei den diastolischen, noch bei den systolischen Werten oder beim Puls statistisch abzusichern, d.h. ein Zusammenhang mit der vegetativen Ausgangslage scheint hier nicht zu bestehen.

f2) Abhängigkeit des mittleren Reaktionsanstieges vom QPA.

Bei der Betrachtung der Mittelwerte fällt auf, daß die mehr ergotrop eingestellten Versuchspersonen (QPA>4) in der Regel im Reaktionsniveau höher liegen, als dies bei der mehr trophotropen Teilgruppe (QPA<4) der Fall ist.
Ein erster Anhaltspunkt ist bei den ersten beiden Eintauchungen des 5-Minuten-Intervalls bezüglich des Pulses gegeben (vgl. S. 38 Tab. 9 und S. 41 Abb. 13 B und C). Für die Mittelwerte der ersten Kalteintauchung ist $\hat{t} = 4,6423 > 4,140 = t_{14;\ o,oo1}$, sodaß sich hier die Nullhypothese hochsignifikant auf dem 0,1 %-Niveau ablehnen läßt. Bei den Probanden des 10-Minuten-Intervalls sind die Mittelwerte der Pulsreaktion bei der ersten Reizung mit $\hat{t} = 2,9758 > 2,228 = t_{10;\ o,o5}$ auf dem 5 %-Niveau signifikant voneinander verschieden. Um zu prüfen, ob dieser Befund nicht nur zufälliger Natur ist, wurde der Mittelwert aller Pulsreaktionen der ersten Eintauchung für alle Versuchspersonen jeweils getrennt für die beiden Teilgruppen ermittelt.
Der t-Test bestätigt den vermuteten Zusammenhang: Die mittlere Pulsreaktion liegt für die ergotropen Probanden mit $\bar{x}_1 = 4,88$ und $s_1 = 7,2$ signifikant höher als derjenige der mehr trophotropen Teilgruppe mit $\bar{x}_1 = 1,5$ und $s_1 = 5,84$: Da $\hat{t} = 2,4786 > 2,000 = t_{60;\ o,o5}$, läßt sich für den vorliegenden Stichprobenumfang die Nullhypothese gut auf dem 5 %-Niveau ablehnen.

Ein ähnliches Verhalten zeigen die systolischen Reaktionswerte. Hier ist $\hat{t} = 2,3230 > 2,003 = t_{56;\ o,o5}$, sodaß auch hier der Mittelwert $\bar{x}_1 = 14,14$; $s_1 = 8,05$ der Gruppe mit QPA>4 auf dem 5 %-Niveau signifikant höher liegt als der mittlere Anstieg $\bar{x}_1 = 9,71$; $s_1 = 6,43$ der Versuchspersonen mit QPA<4.
Dagegen läßt sich beim diastolischen Blutdruck eine solche Aussage nicht machen, obwohl auch hier Unterschiede bestehen:

$\bar{x}_1$ = 19,93 bei QPA<4 gegenüber $\bar{x}_1$ = 26,0 bei QPA>4, wobei jedoch die Standardabweichungen reletiv groß sind: $s_1$ = 11,02 bei QPA<4 und $s_1$= 13,62 bei QPA>4.

Da die Werte der weiteren Eintauchungen aufgrund der unterschiedlichen Intervalle nicht mehr einfach aufsummierbar sind, können hier nur die Mittelwerte der jeweils kleineren Kollektive verglichen werden. Dabei sind bis auf die Pulsreaktion der zweiten Eintauchung beim 5-Minuten-Intervall
(hier ist $\hat{t}$ = 2,8263>2,145 = $t_{14;0,05}$= 5 %-Niveau) alle anderen Mittelwerte nicht mehr signifikant voneinander verschieden, obwohl die ergotropen Probanden im Mittel weiter auf einem höheren Reaktionsniveau liegen (vgl. Tab. 1 - 12).

# IV. Diskussion.

## 1. Methodenkritische Bewerkungen.

### 1A) Gesichtspunkte zur Auswahl des Cold-Pressure-Tests.

Versuche am Menschen unterliegen besonders strengen Kriterien. Da ist zum einen die Frage nach der Verhältnismäßigkeit der Mittel, d.h. ob die Fragestellung die eingesetzten Mittel auch zu rechtfertigen vermag, zum anderen die Frage der Zumutbarkeit. Nicht zuletzt erhebt sich die Forderung nach kontrollierbaren Einwirkungen und gut meßbaren Beaktionen des Organismus, wie RÜDIGER (1971) dies darlegt. Solchen Erfordernissen kommt der Cold-Pressure-Test in ausreichender Weise entgegen. Der Test war ursprünglich von HINES und BROWN (1932) zur Erfassung einer individuellen Disposition zur Hypertonie entwickelt worden. Zahlreiche Untersucher haben sich seitdem unter den verschiedensten Gesichtspunkten mit dem CP-Test befaßt (z.B. GODDEN und ROTH und HINES jr. 1955; GLASER und WHITTOW 1957; GREEN et al. 1965; HAUSER 1960 u.a.); 18-jährige Erfahrungen von HARLAN et al. (1964) zeigten jedoch, daß dabei keine signifikanten Beziehungen zur Hypertoniedisposition bestehen. HAUSER (1960) beschreibt die Methode auch nur als eine Möglichkeit zur vegetativen Funktionsprüfung. Mit einer ähnlichen Anschauung arbeiteten dann auch FLEISCHER und JUNGMANN (1965), die die stärksten Blutdruckanstiege bei jugendlichen Hyper- und Hypotonikern fanden.

Andere Autoren berichten von Befunden über die Zusammenhänge von Blutdruckanstieg und Kaltreiz. Eine entscheidende Rolle spielt dabei die Empfindung des Kälteschmerzes (McMURRY und JAQUES 1959; EIDE 1965; LeBLANC und POTVIN 1966). WOLFF (1951) konnte nachweisen, daß bei Anästhesie kein signifikanter Anstieg des Blutdrucks zu erwarten ist. Bereits 1941 hatten dazu WOLF und HARDY die Weiterleitung des Kälteschmerzes Nervenfasern der Klasse C zuordnen können.
Nach BUGÁR-MÉSZÁROS und OKOS (1956) ist die sodann folgende Blutdrucksteigerung einem Angiospasmus zuzuschreiben, an dem insbesondere die großen Arterien der Extremitäten beteiligt sind.

Und bei HAUSER (1960) ist nachzulesen: "Es wird angenommen, daß die Blutdruckerhöhung durch neurogene Vasokonstriktion am Ort des Reizes und durch eine Massenwirkung im übrigen Körper verursacht werde als eine Art Alarmreaktion."
Obwohl bereits GODDEN/ROTH und HINES jr. 1955 mit dem CP-Test unter anderem auch unter dem Gesichtspunkt der Habituation experimentierten, haben sich doch erst GLASER und WHITTOW (1957) primär unter dem Gesichtspunkt der Habituation mit diesem Test befaßt. Es folgten dann LeBLANC und POTVIN (1966) und insbesondere STREMPEL und HILDEBRANDT (1974a-c).

Anhand der vorliegenden Literatur lassen sich folgende Gründe anführen, die den Cold-Pressure-Test zu einer brauchbaren Methode für die gegebene Fragestellung machen:

1. Die zahlreichen Untersuchungen belegen, daß hier ein jederzeit leicht zu reproduzierender und gut standardisierter Versuchsaufbau vorliegt, was der Forderung von RÜDIGER (1971) nach kontrollierbaren Einwirkungen auf den Organismus entgegen kommt.

2. Die dargebotene Reizform bewirkt eine ausreichend hohe Reaktion, nach HAUSER (1960) z.B. im Mittel 15 - 20 mm Hg.

3. RÜDIGER (1971) schreibt, " bei Meßvorgängen ... soll das biologische Objekt möglichst wenig durch den Meßvorgang selbst beeinflußt werden,...(= rückwirkungsarmes Messen). Andernfalls würde man nichts anderes messen, als die durch Ankopplung der Meßmittel an die biologische Funktion hervorgerufene Artefakte." Auch diese Forderung ist beim CP-Test leicht erfüllbar.

4. Das Experiment ist gut am Menschen anwendbar, ohne irgendwelche nachteiligen Folgen zu haben. Nach SIEGENTHALER (1973) ist eine Kälteschädigung auch bei 2 stündigem Eintauchen in Wasser mit einer Temperatur von $5^{o}$ C nicht zu erwarten.

5. Es liegen vergleichbare Ergebnisse anderer Autoren vor, wobei allerdings die Fragestellung nach dem habituablen Intervall bisher unbeantwortet blieb.

IB) Bemerkungen zur verwendeten Meßtechnik.

Der Versuchsaufbau hatte sich bereits in den umfangreichen Untersuchungen von STREMPEL (1976a) in allen wichtigen Punkten bewährt; er wurde ohne nennenswerte Änderungen übernommen. Die Vor- und Nachteile des Verfahrens sollen im Folgenden erörtert werden.

Zur Atemmessung: Diese ist vom technischen Konzept her nicht mit besonderen Schwächen behaftet (vgl. S. 14). Einwände begründen sich im wesentlichen auf die Tatsache, daß "schon das Aufmerksammachen auf die Atmung diese meist so verändert, daß der Patient hyperventiliert." (ANSCHÜTZ 1973)
Dieses Problem wurde dadurch zu umgehen versucht, daß den Probanden der Nasenfühler als erstes auf der Nase befestigt wurde, sodaß sie diesen bis zu Beginn der Messung aufgrund der Berührungsadaptation kaum noch wahrnehmen konnten, wie dies auch beim Brillentragen zu beobachten ist. Bei der Auswertung wurde dann wie schon erwähnt ein Mittelwert mehrerer Minuten benutzt. Im wesentlichen diente die Atemmessung der Ermittlung des Puls-Atem-Quotienten.

Zur Pulsmessung: Das Prinzip der Messung mittels Photozelle stellte sich als derart empfindlich heraus, daß bereits kleinste Bewegungen der betreffenden Großzehe übermäßige Schreiberbewegungen hervorriefen. Dieser Fehlerquelle konnte mit der Bitte um absolutes Stillhalten des Fußes begegnet werden ( → von 65 Messungen waren für den Puls 62 auswertbar).

Nach ANSCHÜTZ (1973) braucht die peripher ermittelte Pulszahl jedoch keineswegs identisch mit den wirklichen Herzschlägen zu sein. Vielmehr kann durch frustrane Kontraktionen ein sogenanntes Pulsdefizit vorliegen. Da aber bei keiner der Versuchspersonen eine Herzkrankheit bekannt war, ist diese Fehlermöglichkeit zu vernachlässigen.
Von der technischen Funktion her hatte die Photozelle ihre Bewährungsprobe bereits bei STREMPEL (1973-76) bestanden.

Die Blutdruckmessung: Hier sind die meisten Fehlerquellen zu beanstanden. Besonders ANSCHÜTZ (1973) verweist hier auf die Nachteile der Methode nach RIVA-ROCCI: Dazu gehören in Bezug auf die Technik unexaktes Anlegen der Manschette, falsche Lagerung des Meßarmes und Verschleiß des Durchlassventils. Von Seiten des Probanden kommen laut ANSCHÜTZ erhebliche Spontanschwankungen (10-15 mm Hg systol.; 5-10 mm Hg diastol.) des Blutdrucks hinzu. Desweiteren kann es in Einzelfällen sogar zur sog. auskultatorischen Lücke kommen, wobei die Arterientöne innerhalb der Amplitude zwischen systolischen und diastolischen Druck ausfallen.
Als Alternative ist die blutige, d.h. direkte intraarterielle Blutdruckmessung anzusehen. WINDESHEIM und ROTH und HINES (1955) sowie GODDEN und ROTH und HINES jr. (1955) erzielten damit gut verwertbare Ergebnisse. Jedoch stellt sich gerade hier die Frage nach der Verhältnismäßigkeit der eingesetzten Mittel. Besonders SAMAAN (1971) wies auf die Gefahren dieses Verfahrens hin: Gangrän der Finger, Ischämie der Hand, Infektion und Embolie lassen die blutige Messung als sehr fragwürdig erscheinen.
Zudem zeigen andere Untersuchungen, daß die Unterschiede zwischen den Ergebnissen der beiden Methoden für die gegebene Fragestellung nicht ergebnisverfälschend ins Gewicht fallen. Bereits 1941 konnten RAGAN und BORDLEY eine gute Übereinstimmung zwischen dem gleichzeitig gemessenen intraarteriellen und auskultatorischen Blutdruck feststellen. GODDEN und ROTH und HINES jr. (1955) erhielten mit der direkten arteriellen Aufzeichnung in der Tendenz die gleichen Ergebnisse, wie sie in der vorliegenden Arbeit beim 15-Minuten-Intervall auftauchen (vgl. S. 63). KENNER und GAUER (1962) fanden sogar, daß der indirekt bestimmte systolische Blutdruck dem syst. RR im Abortenbogen näher kommen kann als der in der Armarterie direkt bestimmte Blutdruck. Nach HEINTZ (1976) liegt der diastolische Wert, wenn man ihn beim Leiserwerden der KOROTKOFF'schen Geräusche abliest, um etwa 4 mm Hg über dem blutig gemessenen Wert; liest man beim Verschwinden der Geräusche ab, liegt er 6 - 7 mm Hg unter dem direkten Wert.

Den technischen Einwänden konnte mit sorgfältiger Arbeitsweise begegnet werden. Die biologischen Probleme wurden wegen der er-

wähnten Gefahren in Kauf genommen.

Ein weiteres Problem bestand darin, daß der Blutdruck in konstanten Abständen ermittelt werden mußte. Hierfür bot sich ein Verfahren an, das 1963 von FOLLET et al. vorgestellt wurde und das im Prinzip dem unseren entsprach.
Als Vorteile sind zu nennen:

1. Möglichkeit der Blutdruckmessung in kurzen Zeitabständen nach einmaliger Anbringung der Manschette,
2. Direktschreibung der gemessenen Werte,
3. geringe Beeinträchtigung der Versuchspersonen während des Versuchs.

Diese Punkte kommen gut der Forderung von RÜDIGER (1971) entgegen, wonach im Interesse der Rückwirkungsarmut physiologische Größen am intakten, wachen Organismus verfolgt werden sollen, ohne dabei das Versuchsobjekt wesentlich zu beeinflussen.

Die Voraussetzungen hierfür wurden durch die automatisch erfolgende Manschettendrucksteuerung und das kontinuierliche Abgreifen der Korotkoff'schen Geräusche mittels eines elektrostatischen Tieftonmikrofons geschaffen. Dieses wurde bereits 1952 von BRECHT und BOUKE entwickelt. Es arbeitet mit einer den Erfordernissen entsprechenden ausreichenden Empfindlichkeit: Zusammendrücken des Mikrofons um 1/1000 mm bewirkt eine Spannungsänderung um 1 mV.

Hier fand sich allerdings auch die wichtigste Fehlerquelle. Nur eine einwandfreie Placierung des Mikrofons erbrachte auswertbare Ergebnisse. Außerdem erscheint die Befestigung des Tonabnehmers mittels Pflasterstreifen nicht als optimal, da ein konstanter Anpressdruck nicht gewährleistet war und schon geringe Armbewegungen die Messung negativ beeinflußten.

Der Zwang zur kurzzeitig wiederholbaren Blutdruckmessung brachte es mit sich, daß die Manschette häufiger und länger unter Druck stand, als dies einer einwandfreien Feststellung des Blutdrucks eigentlich zuträglich war. Nach ANSCHÜTZ (1973) kann eine Druckmessung erst nach 2-3 Minuten wiederholt werden, wenn am Meßarm

jede Stauung verschwunden ist. Es wäre daher vermutlich sinnvoller gewesen, den Druck nur einmal vor und einmal während der Kalteintauchung zu bestimmen, wobei auch hier den Anforderungen nach ANSCHÜTZ noch nicht entsprochen wäre, sodaß dieser Punkt an und für sich für die blutige Messung spräche. Jedoch mußte hier die Unversehrtheit der Versuchspersonen im Vordergrund stehen.

1C) Zum Versuchsablauf.

Der Versuchsablauf war bereits von STREMPEL (1974 a-c, 1976 a, b) weitestgehend erprobt und standardisiert worden. Ein wichtiger Diskussionspunkt ist in diesem Zusammenhang die Frage nach der tageszeitlichen Einordnung der Versuche. Nach BAUMGART (1979) wäre als reaktionsgünstigster Zeitpunkt 11 Uhr (+/- 1 Stunde) vormittags zu wählen gewesen. Auch die Erfahrungen von STREMPEL (1976 b) bestätigen, daß zu diesem Zeitpunkt die sympathische Mitaktivierung bei den verschiedenen Reizantworten am stärksten ist. Nach HILDEBRANDT, BESTEHORN und STREMPEL (1977) unterliegt die Reizantwort auf Kaltreize einem sogenannten "circadianen Rhythmus" mit einem Reaktionsmaximum gegen 9,00 Uhr am Vormittag. Hier stellte sich für den Untersucher jedoch das Problem, daß die freiwillig und unentgeldlich teilnehmenden Versuchspersonen nicht zu der erforderlichen Zeit frei verfügbar waren. Es mußte daher ein Kompromiss eingegangen werden. Wie aus den Daten von BAUMGART (1979) zu entnehmen ist (vgl. Abb. 18), kann in dem Zeitraum zwischen $9^{30}$ Uhr vormittags bis spätestens 16 Uhr nachmittags eine relativ hohe Reagibilität erwartet werden, mit einem Maximum gegen 11 Uhr. Die Probanden wurden daher während dieser Tageszeit untersucht. Es ist denkbar, daß die recht großen Werte der Standardabweichungen, wie sie bei der statistischen Auswertung zutage traten, unter anderem auch durch diese tageszeitlichen Differenzen verursacht waren.

Wichtig für den Meßvorgang war es, zu wissen, zu welchem Zeitpunkt der Blutdruck seinen Höhepunkt während der Kalteintauchung erreichen würde. Anhaltspunkte hierfür waren durch die Untersuchungen von GODDEN, ROTH und HINES jr. (1955), sowie von WINDESHEIM, ROTH und HINES jr. (1955) gegeben.

Erstere beschreiben den Zeitraum von 40 - 70 Sekunden nach Kaltreizbeginn als denjenigen, innerhalb dessen 96 % der Versuchspersonen den maximalen diastolischen Reaktionswert erreichen. Die Befunde von WINDESHEIM et al. engen diesen Bereich auf 50 - 60 Sekunden nach Reizbeginn ein. Die zweite Messung während des Eintauchens wurde daher so vorgenommen, daß sie nach etwa 50 Sekunden Eintauchzeit erfolgte. Andererseits ist hierin eine Fehlerquelle zu sehen, da hier vorausgesetzt werden mußte, daß alle Versuchspersonen zu diesem Zeitpunkt ihre maximale Reaktion erreicht hatten. Eine Feststellung des individuellen Maximums war jedoch mit den gegebenen technischen Mitteln nicht möglich. Sicher geht auch dieser Fehler mit in die Werte der Standardabweichung ein.

Vom statistischen Standpunkt aus gesehen, ist auch die erfolgte mehrfache Inanspruchnahme der Probanden nicht die beste Lösung. Nach unserer Ansicht schloß jedoch ein genügend weiter Zeitabstand zwischen zwei Versuchen von mindestens einer Woche, meist jedoch einigen Monaten, eine gegenseitige Beeinflussung weitestgehend aus. Desweiteren hat STREMPEL (1976 b) über erhebliche interdiurne Schwankungen der Ausgangsreaktionen berichtet, so daß es vertretbar erscheint, jeden Einzelversuch als unabhängige Stichprobe anzusehen.

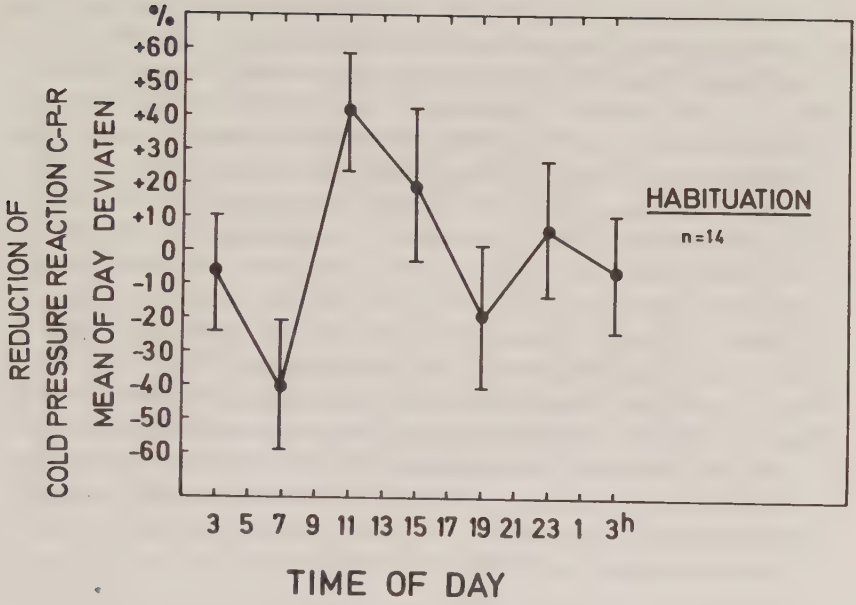


Abb. 18: Tagesgang der Kaltreiz-Habituation als Regression des C-R-P-Rückganges bei je 7 Expositionen am Beispiel des systolischen Blutdruckes. Klammern = standard error. (Aus HILDEBRANDT und STREMPEL 1977).

1D) Zur Frage des Puls-Atem-Quotienten (QP/A).

Bereits 1953 (a) hatte HILDEBRANDT über ein normales zahlenmäßiges Verhältnis von Puls und Atem von 4:1 berichtet, wobei der QPA im Laufe des Tages erheblichen Abweichungen vom Wert 4,0 unterliegt, die im wesentlichen auf die Beeinflussung des Atems durch das Bewußtsein zurückzuführen sind. In den folgenden Jahren sammelte HILDEBRANDT (1953b, 1954, 1955, 1959, 1960) weitere Erfahrungen mit dem Puls-Atem-Quotienten. Dabei stellte sich dieser als ein durch Badekuren stark beeinflußbarer Wert heraus (HILDEBRANDT 1953 b und 1954), der im Sinne einer Normalisierung auf das Verhältnis 4,0 zu verändern war (HILDEBRANDT 1954). Besonders interessant für die vorliegende Arbeit war dabei die Tatsache, daß Personen mit einem erhöhten QPA(>4) auf die bei einer Badekur gegebenen Reize früher reagierten (Höhepunkt der Kurkrise), als diejenigen mit einem erniedrigtem QPA (<4) (HILDEBRANDT 1959).
Die vegetative Ausgangslage spielt also eine erhebliche Rolle bei der Reaktion auf einen Reiz. Dabei deutet ein QPA>4 auf eine sympatikotone Reaktionslage hin, für die HESS (1948) den Ausdruck der ergotropen Leistungseinstellung prägte und ein QPA<4 auf eine Vagotonie, die er als trophotrop-histiotrope Schoneinstellung bezeichnete.

Aufgrund der Tatsache, daß auch STREMPEL (1976) mit dieser Unterteilung zuverlässige Trennungen erzielte (vgl. Abb. 4 S. 22), erschien es vorteilhaft, den vorhandenen Stichprobenumfang nach diesen Gesichtspunkten zu untersuchen.

## 2. Diskussion der Ergebnisse.

### 2A) Vorbemerkungen.

Wie in der Einleitung (vgl. S. 6 ff) bereits dargelegt wurde, liegen zahlreiche Untersuchungen über Habituationsphänomene vor, die sich mit Reizintervallen von wenigen Sekunden bis zu mehreren Minuten befassen. Jedoch fällt auf, daß die wenigsten Ergebnisse am Menschen gewonnen wurden; dazu gehören EEG-Befunde (z.B. von ROTH und KOPELL 1969, FRUHSTORFER et al. 1970) und die Erfahrungen mit dem Cold-Pressure-Test (GLASER und WHITTOW 1957, GODDEN, ROTH und HINES jr. 1955, LeBLANC und ROSENBERG 1957, STREMPEL und HILDEBRANDT 1974 a-c.)
Für das 1-Minuten-Intervall ist nach GLASER und WHITTOW (1957), sowie nach den umfangreichen Untersuchungen von STREMPEL (1976 a) (vgl. Abb. 4 S. 22) eine Habituation als gesichert anzusehen. Nach HILDEBRANDT (1975, 1976) resultierte bei 1-minütigem Reizabstand von 7 Kaltreizen im Mittel eine Verringerung der Blutdruckreaktion auf die Hälfte der Ausgangswerte. Dabei war der absolute Rückgang bei der Gruppe mit QPA>4 stärker als in der Gruppe mit QPA<4. Dies war die Ausgangsbasis für die nachfolgend zu diskutierenden Befunde.

### 2B) Das 2-Minuten-Intervall (vgl. S. 23-29).

Wie die Ergebnisse der statistischen Auswertung erkennen lassen, ist lediglich für den diastolischen Blutdruck ein Habituationserfolg feststellbar. Aber auch hier gilt es, Einschränkungen zu machen. Hatte HILDEBRANDT (1975, 1976) noch für beide Teilgruppen (QPA>/<4) eine signifikante Habituation nachweisen können, so kann dies beim 2-Minuten-Intervall nicht mehr bestätigt werden. Vielmehr muß wohl die beim Gesamtkollektiv zu beobachtende Reaktionsabnahme in erster Linie aus dem Einfluß der mehr trophotrop eingestellten Gruppe resultieren. Für die ergotropen Probanden scheint dieser Reizabstand bereits zu groß zu sein, um einen Habituationserfolg sicher nachweisen zu können. Der letzte Mittelwert dieser Gruppe soll, da er nur schwach signifikant auf dem 5 %-Niveau ist, nicht im Sinne

einer erfolgreichen Reaktionsabnahme interpretiert werden. Die trophotrope Gruppe muß hingegen wohl als habituiert angesehen werden. Interessanterweise lassen sich diese Befunde weder beim systolischen Blutdruck noch beim Puls in gleicher Weise erheben. Worauf dies zurückzuführen ist, ist weitgehend unbekannt. Eher scheinen sich hier die Verhältnisse umzukehren, da beim systolischen Blutdruck die ergotrope Teilgruppe eine Tendenz zur Abnahme erkennen läßt. (vgl. Abb. 6 S. 28) Da dieser Befund nur anhand der Graphik zu erheben ist, soll er lediglich als Andeutung verstanden werden.

Bei STREMPEL (1976a) und HILDEBRANDT (1975, 1976) hatten sich die systolischen Reaktionen bei 1 Minute Reizabstand noch in jedem Fall in statistisch signifikanter Weise verringert. Ebenso waren die Untersuchungen von GLASER und WHITTOW (1957) ausgefallen, jedoch hatten diese ihr Versuchskollektiv nicht unter dem Gesichtspunkt des Puls-Atem-Quotienten aufgeteilt. Beim Puls kann von einem habituierenden Verhalten sicher nicht gesprochen werden. Hier liegen Ergebnisse nur von GLASER und WHITTOW (1957) vor, die beim 1-Minuten-Intervall noch von einer statistisch signifikanten Verminderung der Herzfrequenz nach 6 Kaltreizen berichteten.

Befunde von anderen Autoren, die sich direkt mit 2 minütigen Reizabständen befassen, liegen unseres Wissens weder für den CP-Test, noch für andere Reizarten vor.

2C) Das 5-Minuten-Intervall. (vgl. S. 30-35)

Für keinen der drei Parameter war eine Habituation nachweisbar. Offenbar scheint hier eine Grenze erreicht zu sein, für die auch der trophotropen Teilgruppe ein "vegetatives Lernen im Sinne von Habituation" (HILDEBRANDT 1976) nicht mehr möglich ist. Auch hier liegen vergleichbare Ergebnisse betreffs des CP-Tests nicht vor. Allerdings muß man 5 Minuten wohl als eine reizspezifische Grenze ansehen, deren Gültigkeit auf den Menschen und auf den CP-Test zu beschränken ist. Hierauf deuten z.B. Ergebnisse von EWERT (1967), der bei seinen Versuchen mit Erdkröten auch bei 5 Minuten noch eine Reaktionsabnahme beobachten konnte.

RUSSEL (1967) berichtete nach Experimenten mit Zierfischen bei 4 Minuten Reizabstand noch von einer Habituation, und PINSKER et al. (1970) konnten bei ihren Versuchen mit dem Bauchganglion der Meeresschnecke Aplysia noch bei 5 Minuten einen Reaktionsabnahme um 25 % feststellen.

Ob die Ergebnisse dieser Autoren mit denen der vorliegenden Arbeit direkt vergleichbar sind, sei dahingestellt, wurden sie doch an anderen Organismen und mit völlig anderen Reizen und Indikatoren erzielt.

2D) Das 10-Minuten-Intervall. (vgl. S. 36-41)

Auffällig ist hier, daß sich wiederum bei der trophotropen Teilgruppe (QPA<4) eine Tendenz zur Abnahme beim diastolischen Blutdruck zeigt. Es soll dieser Befund jedoch nicht als Habituation interpretiert werden, da er erstens lediglich schwach signifikant ist (5 %-Niveau) und zweitens aus einem Kollektiv von nur 5 Versuchspersonen gewonnen wurde, was nicht optimal für eine statistisch sinnvolle Bewertung ist. Für den systolischen Blutdruck und den Puls ist eine Habituation hier ohnehin nicht feststellbar. Im Gegenteil zeigt die Pulsreaktion sogar einen Anstieg, für dessen Zustandekommen wiederum der trophotropen Teilgruppe der ausschlaggebende Anteil zukommt, läßt sich doch bei dieser Gruppe für die erste und sechste Eintauchung eine statistische Signifikanz mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit auf dem 1 %-Niveau feststellen. Es scheint, als brächte ein derartiger Reizabstand eine Aktivierung des Herz-Kreislaufsystems mit sich.

Vergleichbare Befunde liegen für 10 Minuten Reizabstand von keiner Seite vor.

2E) Das 15-Minuten-Intervall. (vgl. S. 42-47)

Hier zeigen nicht nur der Puls, sondern auch der diastolische und systolische Blutdruck eine Tendenz zum Reaktionsanstieg, die sich zwar nicht statistisch absichern läßt, durch den

Kurvenverlauf aber angedeutet wird. Ein Unterschied zwischen ergotroper und trophotroper Teilgruppe ist hier nicht in der Weise gegeben, wie dies beim 10-Minuten-Intervall der Fall war.

Das Verhalten des Blutdrucks deckt sich hier gut mit den Ergebnissen von GODDEN, ROTH und HINES jr. (1955). Dies verdeutlicht Abbildung 19. Auch diese Autoren fanden bei 15 Minuten Reizabstand und fünfmaliger Eintauchung keine Habituation, vielmehr zeigte sich auch bei ihnen eine Tendenz zum Reaktionsanstieg. Das abweichende Reaktionsniveau erklärt sich hier wohl aus der Tatsache, daß GODDEN et al. ihre Messungen intraarteriell vornahmen (vgl. S. 55). Befunde für den Puls liegen nicht vor.

Im Gegensatz zu den eigenen Ergebnissen und denen von GODDEN et al. berichten LeBLANC und ROSENBERG (1957) bei Verwendung eines noch größeren Reizabstandes von einer signifikanten Habituation. Sie beobachteten bei achtmaliger Eintauchung im Abstand von je 27 Minuten eine stetige Abnahme des Blutdrucks. Allerdings verzerrt hier die von ihnen verwendete Einzelreizdauer das Bild: LeBLANC und ROSENBERG ließen ihre Versuchspersonen immerhin jeweils 7 Minuten lang eine Hand in $3^{o}$ C Wasser eintauchen.
Desweiteren konnte hierbei der Einfluß des Tagesganges der Cold-Pressure-Reaktion nicht berücksichtigt werden, wie er von STREMPEL (1976) dargestellt wurde.

Von den Untersuchungen mit anderen Reizarten an Tieren seien hier nochmals die Befunde von FAREL und KRASNE (1972) erwähnt, die bei Spinalfröschen bei 30 Minuten Reizabstand keine Habituation mehr feststellten. Hingegen zeigte EWERT (1967) bei seinen Versuchen mit Erdkröten auch bei 40 Minuten Reizabstand noch eine Reaktionsabnahme auf.

2F) Kritik und Einordnung der Ergebnisse.

Überblickt man die Befunde aller Versuche (Abb.20), so läßt sich feststellen, daß bei der gegebenen Reizzahl das 2-Minuten-

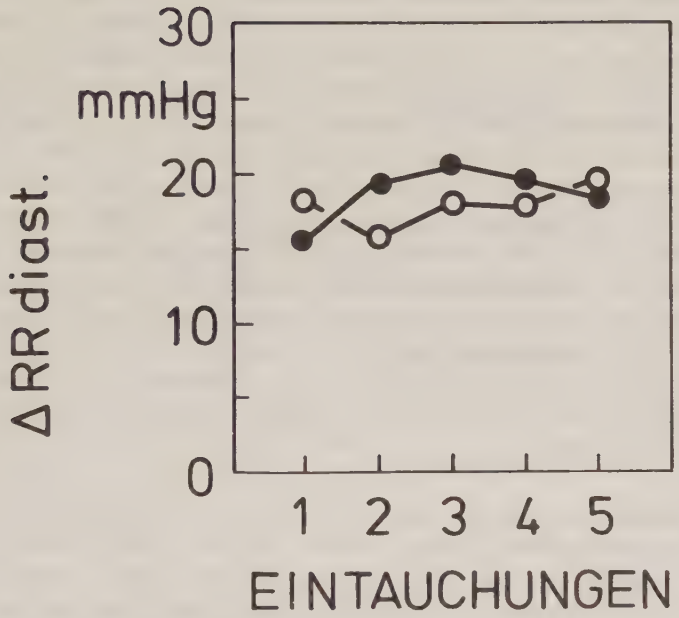


Abb. 19: Verhalten der diastolischen Reaktionswerte bei 15 Minuten Reizabstand in absoluten Werten.
Zum Vergleich:
Eigene Mittelwerte - schwarze Punkte
Mittelwerte nach GODDEN, ROTH und HINES (1955) - weiße Punkte.

Intervall wohl schon als eine Teilgrenze für einen Habituationserfolg anzusehen ist. Als Teilgrenze deshalb, weil lediglich der diastolische Blutdruck insbesondere bei der trophotropen Teilgruppe eine Habituation erkennen läßt. Fünf Minuten Reizabstand müssen als absolute Grenze angesehen werden, bei der eine Habituation bei den gegebenen Versuchsbedingungen nicht mehr feststellbar war. HILDEBRANDT (1976) hat hierzu die Vermutung geäußert, daß die kritische Länge des Intervalls nicht nur abhängig ist von der vegetativen Ausgangslage, sondern auch von der Tageszeit. Auch muß angenommen werden, daß die tatsächliche Grenze wohl zwischen zwei und fünf Minuten liegt, und zwar in Abhängigkeit von der vegetativen Ausgangslage bei individuell verschiedenen Reizabständen. Dabei dürften die ergotropen Personen bis höchstens zweieinhalb Minuten Reizabstand eine Habituation erkennen lassen, während die trophotropen Probanden zwischen zwei bis fünf Minuten Reizabstand anzusiedeln wären.

Die Befunde der größeren Intervalle sollen lediglich orientierenden Charakter haben, welche die fünf Minuten-Grenze noch unterstreichen. Echte Schlußfolgerungen sind hier insbesondere bei den Teilgruppen nicht möglich. Dafür waren die zur Verfügung stehenden Kollektive in keiner Weise ausreichend. Das hier beobachtete Verhalten der Teilgruppen hat wohl mehr zufälligen Charakter.

Es wurde oben mit Absicht von der "gegebenen Reizzahl" gesprochen. Gerade die Untersuchungen von EWERT (1967), der wie schon in der Einleitung beschrieben, Reizserienabstände von 1,5 und 40 Minuten benutzte, zeigen auf, daß auch bei großen Intervallen eine deutliche Reaktionsabnahme möglich ist. EWERT mußte bei 40 Minuten Intervallgröße einfach eine größere Reizanzahl einsetzen:
so benötigte er bei 1 Minute 7 Reize, bei 40 Minuten im Schnitt 20 Reize, um die Reaktion erlöschen zu lassen. Dies würde auch in das Konzept von THOMPSON und SPENCER (1966) passen, nachdem der Habituationserfolg von der Reizzahl abhängig ist. (vgl. S. 3 Punkt 4) Gleiches wurde von COOK (1971) bestätigt,

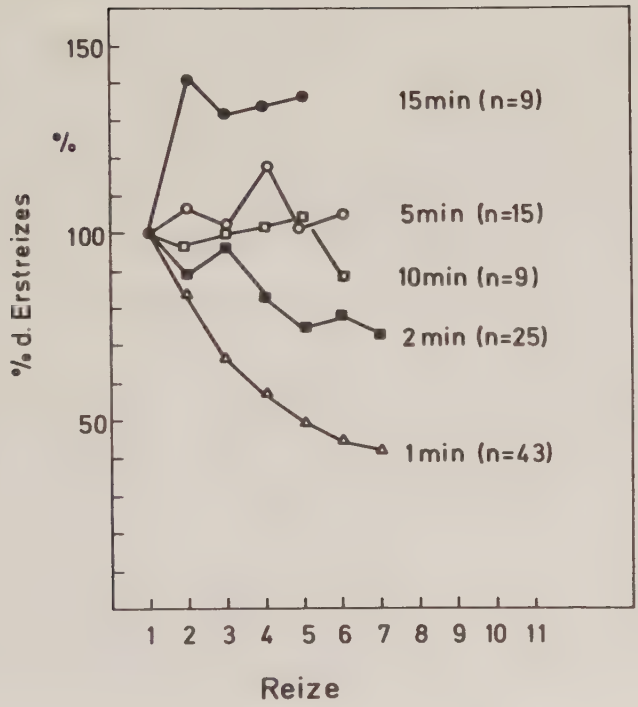


Abb. 20: Darstellung des Verhaltens des diastolischen Blutdruckes bei unterschiedlichem Reizabstand. (In %-Abweichung des Erstwertes = 100 %) (1-Min.-Kurve nach Daten von STREMPEL 1976a)

der bei Schlangen fand, daß mit zunehmendem Reizabstand lediglich eine größere Reizanzahl erforderlich ist, um eine Reaktionsabnahme beobachten zu können.

Es ist daher die Vermutung nicht unbegründet, daß die Ergebnisse dieser Arbeit nur für die angewendete Reizzahl Gültigkeit besitzen. Es wäre durchaus denkbar, daß eine entsprechende Erhöhung der Reizzahl auch bei den größeren Intervallen vielleicht nach zehn- oder zwanzigfacher Reizung doch noch zu einer Habituation führt, wobei der Tagesgang der Cold-Pressure Reaktion (vgl. STREMPEL 1976) zu berücksichtigen wäre.

2G) Zum Einfluß der Ausgangswerte. (vgl. S. 48 und Abb. 17)

Anlaß zu dieser Betrachtung hatten die Erfahrungen von STREMPEL (1976a) gegeben, nach denen bei den Spontanschwankungen des Blutdrucks und den dazugehörigen Reaktionswerten eine relativ strenge Ausgangswertabhängigkeit der Reaktionen bei Anwendung des CP-Tests besteht. STREMPEL hatte dies an 22 Versuchspersonen verdeutlicht, die bei höherem Ruheblutdruck eine jeweils geringere Reaktion beobachten ließen. Wie die Auswertung des eigenen Untersuchungsgutes zeigt, kann dies nicht nur für den individuellen, sondern auch für den interindividuellen Bereich bestätigt werden. Je höher also der Ruheblutdruckwert ist, desto kleiner fällt der Reaktionszuwachs aus.

Mit zunehmender Habituation verwischen sich aber diese Gesetzmäßigkeiten. Bei 15 Minuten Reizabstand ist allerdings wieder eine schwach signifikante Ausgangswertabhängigkeit feststellbar. Offenbar wird hier der zeitliche Abstand so groß, daß die Einzelreaktionen beginnen, wieder unabhängig voneinander zu werden.

2H) Zur Abhängigkeit der Reaktion von der vegetativen Ausgangslage.

Daß zwischen der Größe des Puls-Atem-Quotienten und der vegetativen Reaktionsweise ein Zusammenhang besteht, ist seit den Untersuchungen von HILDEBRANDT (1953a,b, 1954) bekannt.

HILDEBRANDT (1954 b) sprach bei den Personen mit einem erniedrigten Wert des QPA(<4) von einer ausgeprägten Stabilität und Reaktionsträgheit der rhytmischen Funktionsordnung und bei einem QPA>4 von einer leichten Beeinflußbarkeit und Neigung zu ausgeprägten Reaktionen. Dieses unterschiedliche Verhalten kommt auch in den Ergebnissen von HILDEBRANDT (1976) zum Ausdruck (vgl. Abb. 4 S. 22), wo das Reaktionsniveau der ergotropen Teilgruppe deutlich über dem der trophotropen liegt.
Ähnlich fielen dann auch die eigenen Befunde aus:
Für den systolischen Blutdruck und für den Puls ist der Unterschied signifikant auf dem 5 %-Niveau. Auch der unterschiedliche Einfluß des Reizabstandes fällt hier auf, ist doch das 2-Minuten-Intervall für die ausgeprägter reagierenden ergotropen Probanden bereits zu lang für eine sicher nachweisbare Habituation.

2I) Die mögliche praktische Bedeutung der Ergebnisse.

"Zu den Grundvoraussetzungen für eine rationale Beurteilung und Handhabung von Habituation und Adaptation, auch etwa im therapeutischen Bereich, gehören genaue Kenntnisse über den Einfluß von Reizdosierung und Reizintervall" (STREMPEL 1976). Wird im Bereich der Pharmazie für jedes Medikament dieser Einfluß im Interesse optimaler Wirkung genauestens untersucht, so ist dieses Vorgehen bei der Anwendung physikalisch-therapeutischer Methoden bisher nahezu unbekannt. In der einschlägigen Literatur (z.B. HILDEBRANDT 1964) finden sich meist nur wenige vage Hinweise für eine genaue Dosierung oder über die Häufigkeit und den Abstand der Reize z.B. bei der Kaltreizbehandlung im Rahmen der Hydrotherapie, um nur ein Beispiel zu nennen.

So gesehen könnte die vorliegende Arbeit durchaus Hinweise darauf geben, daß auch bei physikalisch-therapeutischen Reizen eine Austestung der optimalen Reizintervalle nötig und möglich ist, wobei verschiedene individuelle Parameter zu berücksichtigen wären. Hierzu gehören vor allem die Ausgangswerte und die vegetative Reaktionslage.

## V. Zusammenfassung.

An 25 gesunden Versuchspersonen wurde der Einfluß unterschiedlich großer Reizabstände (2,5,10 und 15 Minuten) auf den Habituationserfolg bei mehrmaliger Anwendung des Cold-Pressure-Tests (nach HINES und BROWN) untersucht.

Mit den Ergebnissen konnte gezeigt werden, daß 2 und 5 Minuten Reizabstand in Abhängigkeit von der vegetativen Ausgangslage der Probanden eine unterschiedliche Bedeutung besitzen. Für die ergotrope Teilgruppe (QPA>4) stellte sich bereits das 2-Minuten-Intervall als Grenze heraus, während bei der trophotropen Gruppe (QPA<4) erst bei 5 Minuten keine Habituation mehr nachweisbar war. Daraus wurde geschlossen, daß die Habituationsgrenze in Abhängigkeit von der vegetativen Ausgangslage zwischen 2 und 5 Minuten liegen müsse. Diese Befunde konnten jedoch nur für den diastolischen Blutdruck erhoben werden, während für den systolischen Blutdruck und den Puls bereits das 2-Minuten-Intervall als zu lang angesehen werden mußte.

Den Ergebnissen bei den größeren Intervallen wurde nur orientierender Charakter zugebilligt, obwohl die Befunde anderer Untersucher durchaus in die gleiche Richtung weisen, daß nämlich bei Intervallen von 10 oder 15 und mehr Minuten eine Reaktionsabnahme nicht mehr zu beobachten ist. Dabei wurde die Möglichkeit offen gelassen, ob nicht eine größere Reizzahl doch noch eine Habituation ermöglichen würde.

Für die Reaktion des systolischen Blutdrucks und des Pulses konnte eine signifikant höhere Reagibilität der Teilgruppe mit einem QPA>4 nachgewiesen werden.

Desweiteren konnte eine Ausgangswertabhängigkeit des diastolischen Blutdrucks aufgezeigt werden, nach der eine negative Korrelation zwischen der Höhe des Ruhewertes und der nachfolgenden CP-Testreaktion festzustellen ist.

Für die Praxis wurde aufgrund der Ergebnisse auf die Not-

wendigkeit der individuellen Reizdosierung pro Zeiteinheit bei der Anwendung physikalisch-therapeutischer Methoden hingewiesen.

## VI. Literaturverzeichnis


ABELS, H. — Über Nachempfindung im Gebiete des kinästhetischen und statischen Sinnes. Ein Beitrag zur Lehre vom Bewegungsschwindel (Drehschwindel). Z. Psychol.Physiol.Sinnesorg.43: 268-289 (1906)

ANSCHÜTZ, F. — Die körperliche Untersuchung. Springer Verlag, Berlin - Heidelberg - New York: 34-35 (1973)

BAUMGART, E. — Untersuchungen über den Tagesgang der Kältehabituation. Med. Inaug.Diss. Marburg/L. (1979) in Vorbereitung

BRECHT, K., BOUKE, H. — Neues elektrostatisches Tiefton-Mikrophon und seine Anwendung in der Sphygmographie. Pflüg. Arch. 256: 43-45 (1952)

BROOKS, B., JUNG, R. — Cellular analogs of learning in the visual cortex. In: Handbook of sensory physiology ed. by R. Jung Springer Verlag, Berlin - Heidelberg - New York (Vol. VII/3): 413-417 (1973)

BRUNER, J., TAUC, L. — Habituation at the synaptic level in Aplysia. Nature (London) 210: 37-39 (1966)

BUCHWALD, J.S., HALAS, E.S., SCHRAMM, S. — Progressive changes in efferent unit responses to repeated cutaneus stimulation in spinal cats. J. Neurophysiol. 28: 200-216 (1965)

BUGÁR-MÉSZÁROS, K., OKOS, G.
Über das Verhalten der Oszillationen während des Verlaufes des "cold pressure tests".
Zschr.inn.Med. 13: 602-605 (1956)

CASTELLUCI, V., KANDEL, E., KUPFERMANN, J., PINSKER, H.
Neuronal mechanism s of habituation and dishabituation of the gill-withdrawal reflex in Aplysia.
Science 167: 1445-48 (1970)

CAREW, T.J., PINSKER, H.M., KANDEL, E.R.
Long-term habituation of a defensive withdrawal reflex in Aplysia.
Science 175: 451-454 (1972)

COLLINS, W.E.
Habituation of vestibular response with and without stimulation.
In: Psychophysics. Applied aspects and general interpretations.
In: Handbook of sensory physiology Vol. VI/2 ed. by H.H. Kornhuber Springer Verlag, Berlin - Heidelberg - New York (1974)

COOK, J.D., ELLINGWOOD, E.H., WILSON, W.P.
Auditory habituation at primary cortex as a function of stimulus rate.
Exp. Neurol. 21: 167-175 (1968)

COOK, A.
Habituation in a freshwater snail (Limnea stagnalis).
Anim. Behav. 19: 463-474 (1971)

COOMBS, C.H.
Adaptation of the galvanic response to auditory stimuli.
J. Exp. Psychol. 22: 244-268 (1938)

COOTE, J.H., MACLEOD, V.H.
The influence of bulbospinal monoaminergic pathways on sympathic nerve activity.
J. Physiol.(London) 241: 453-457 (1974)a

COOTE, J.H., MACLEOD, V.H.
Evidence for the involvement in the baroreceptorreflex of a descending inhibitory pathway.
J. Physiol. (London) 241: 477-496 (1974)b

COOTE, J.H., MACLEOD, V.H.
The spinal route of sympatho-inhibitory pathways descending from the Medulla oblongata.
Pflüg.Arch. 359: 335-347 (1975)

DAVIS, M.
Effects of interstimulus intervall length and variability on startle-response habituation in the rat.
J. Comp. Physiol.Psychol. 72: 177-192 (1970)

DODGE, R.
Habituation to rotation.
J. Exptl. Psychol. 6: 1-35 (1923)

EIDE, R.
The relationship of pain sensation to cold pressure reactions and local cold habituation.
Scand. J.Clin.Lab.Invest. 17: 584-8 (1965)

EIDE, R.
Spatial specifity of local habituation to cold.
Acta physiol.scand. 82: 433-438 (1971)

EWERT, J.P.
Untersuchungen über die Anteile zentralnervöser Aktionen an der taxispezifischen Ermüdung beim Beutefang der Erdkröte (Bufo Bufo L.)
Z.Vergl.Physiol. 37: 263-298 (1967)

FAREL, P.B., KRASNE, F.B.
Maintenance of habituation by infrequent stimulation.
Physiol.Behav. 8: 783-785 (1972)

FLEISCHER, M., JUNGMANN, H.
Untersuchungen über den Wert des Cold-Pressure-Tests.
Med. Klin. 60 Nr. 52: 2089-93 (1965)

FOLLET, D.H., FREUNDLICH, H.F., SHAW, D.B., DAVIS, D.H.
An apparatus for the automatic recording of systolic and diastolic blood-pressure.
Lancet Vol.I (Jan.-June): 808-9 (1963)

FRUHSTORFER, H.
Habituationsphänomene im menschlichen EEG.
In: Kolloquien des Sonderforschungsbereiches Adaptation und Rehabilitation (SFB 122) der Philipps Universität Marburg/L. Bd. 1: 28-29 (1974)

FRUHSTORFER, H., SOVERI, P., JARVILEHTO, T.
Short-term habituation of the auditory evoked response in man.
Electroencephalo.Clin.Neurophysiol. 28: 153-161 (1970)

GANONG, W.F.
Medizinische Physiologie
Springer Verlag, Berlin - Heidelberg - NewYork: 243-244 (1972)

GLASER, E.M.
Die physiologischen Grundlagen der Gewöhnung.
Thieme Verlag, Stuttgart, (1968)

GLASER, E.M., GRIFFIN, J.P.
Influence of the cerebral cortex on habituation.
J. Physiol. 160: 429-445 (1962)

GLASER, E.M., WHITTOW, G.C.
Evidence for a non-specific mechanism of habituation.
J.Physio. (London) 122: P 43 (1953)

GLASER, E.M., WHITTOW, G.C.
Retention in a warm environment of adaptation to localized cooling.
J. Physiol. 136: 98-111 (1957)

GODDEN, J.O., ROTH, G.M., HINES jr. E.A.
The changes in the intra-arterial pressure during immersion of the hand in ice-cold water.
Circulation 12: 963-973 (1955)

GOGAN, P.
The startle and orienting reactions in man. A study of their characteristics and habituation.
Brain Research 18: 117-135 (1970)

GREENE, M.A., BOLTAX, A.J., LUSTIG, A.G., ROGOW, M.D.
Circulation dynamics during the cold pressure test.
Am. J. Cardiol. 16: 54-60 (1965)

GRIFFIN, J.P.
The role of the frontal areas of the cortex upon habituation in man.
Clin. Sci. 24: 127-134 (1963)

GROVES, P.M., THOMPSON, P.F.
Habituation: A dual process theory .
Psychol. Rev. 77: 419-450 (1970)

HARLAN, W.R., GRAYBIEL, P., OSBORNE, E.
Prognostic value of the cold pressure test and the basal blood pressure. Based on an 18 year follow up study.
Am. J. Cardiol. 13: 683-7 (1964)

HARRIS, J.D.
Habituatory responcedecrement in the intact organism.
Psychol. Bull. 40: 385-422 (1943)

HAUSER, G.A.
Methodik der neurovegetativen Funktionsprüfung: Cold-Pressure-Test.
In: Fortschritte der Geburtshilfe und Gynäkologie.
Karger Verlag, Basel - New York
Vol. 10: 50-60 (1960)

HEINTZ, R.
Blutdruck mit Manschette oder blutig gemessen: Welcher Wert ist entscheidend für die Prognose ?
Medical Tribune Sondernr. April: 18 (1976)

HENSEL, H., HILDEBRANDT, G.
Organ systems in adaptation: The nervous system.
In: Handbook of Physiology , Section 4
Amer. Physiol. Society: 55-72 (1964)

HERNÁNDEZ-PEÓN, R.
Central mechanisms controlling conduction along central sensory pathways.
Acta Neurol. Latino. amer. 1: 256-264 (1955)

HERNÁNDEZ-PEÓN, R., SCHERRER, H.
Habituation to acustic stimuli in cochlear nucleus.
Fed. Proc. 14: 71 (1955)

HESS, W.R.
Funktionelle Organisation des vegetativen Nervensystems.
Schwabe, Basel (1948)

HILDEBRANDT, G.
Über die rhythmische Funktionsordnung von Puls und Atem.
Z.Klin.Med. 150: 445-454 (1953)a

HILDEBRANDT, G.
Über die balneotherapeutische Beeinflussung der rhythmischen Funktionsordnung von Puls und Atem.
Archiv f. physikal. Therapie
6: 25-33 (1953)b

HILDEBRANDT, G.
Die Bedeutung der rhythmischen Funktionsordnung von Puls und Atem für den Badearzt.
Z.f.angew. Bäder- und Klimaheilkunde
1 (1954)

HILDEBRANDT, G.
Untersuchungen über die rhythmische Funktionsordnung von Puls und Atem.
Acta Medica Scandinavica
307: 175-184 (1955)

HILDEBRANDT, G. Balneotherapie und vegetative Regulation. Ärztl. Praxis 48: 1809-1813 (1959)

HILDEBRANDT, G. Die rhythmische Funktionsordnung von Puls und Atem. (Habilitationsschrift) Z.f. angew. Bäder- und Klimaheilkunde 7: 533-6115 (1960)

HILDEBRANDT, G. Physikalische Medizin In: Taschenbuch der praktischen Medizin. Thieme, Stuttgart 1114-1155 (1964)

HILDEBRANDT, G. Die Koordination rhythmischer Funktionen beim Menschen. Verhandl. der Deutschen Gesellschaft für innere Medizin 73. Kongreß: 921-941 (1967)

HILDEBRANDT, G. Tagesrhythmische Einflüsse auf das Adaptationsvermögen des Menschen. (Muskelkrafttraining, Lernen, Kältehabituation) In: Arbeitsberichte des Sonderforschungsbereiches Adaptation und Rehabilitation (SFB 122) der Philipps-Universität Marburg/L. Bd. II: 81-96 (1975) Bd . III: 83-98 (1976)

HILDEBRANDT, G., CRNJAK, D. Zur tageszeitlichen Ordnung der Hydrotherapie. Untersuchungen über das Wassertreten. Z.Physikal. Med. 1: 51-61 (1970)

HILDEBRANDT, G., BESTEHORN, H.-P., STREMPEL, H.
Circadian variations of a non-specific activation system in man.
In: S.W. TROMP (Hrsg.): Progress in Human Biometeorology. Vol. I, Part. II (Pathological Biometeorology)
Swets & Zeitlinger, Amsterdam 1977

HILDEBRANDT, G., SCHAEFER, H.F.
Praktisch balneologische Erfahrungen mit dem Puls-Atem-Quotienten.
Archiv. f. physikal. Therapie
5: 375-382 (1954)

HILDEBRANDT, G., STREMPEL, H.
Chronobiologische Grundlagen der Leistungs- und Anpassungsfähigkeit
Nova acta Leopoldina
Nr. 225 Bd. 46: 337-349 (1977)

HINES, E.A., BROWN, G.E.
A standard stimulus for measuring vasomotor reactions. Its application in the study of hypertension.
Proc. Staff.-Meet. Mayo-Clin.
7: 332-335 (1932)

HORN, G.
Neuronal mechanisms of habituation.
Nature (London) 215: 707-711 (1967)

HUMPHREY, G.
Le Chatelier's rule, and the problem of habituation and dishabituation in Helix albolabris
Psychol. Forsch. 13: 113-127 (1930)

IRMIS, F., RADIL-WEISS, T., LAT, J., KREKULE, J.
Interindividual differences in hippocampal theta activity during habituation.
Electroenceph. Clin. Neurophysiol.
28: 24-31 (1970)

KANDEL, E.R., SPENCER, W.A. — Cellular neurophysiological approaches in the study of Learning. Physiol. Rev. 48:65-134 (1968)

KEATINGE, W.R. — Habituation to hot and cold stimuli. Fed. Proc. 22: 944-6 (1963)

KENNER, Th., GAUER, O.H. — Untersuchungen zur Theorie der auskultatorischen Blutdruckmessung. Pflügers Arch. ges. Physiol. 275: 23 (1962)

KUPFERMANN, J., CASTELLUCI, V., KANDEL, E., PINSKER, H. — Neuronal correlates of habituation and dishabituation of the gill-with drawal reflex in Aplysia. Science 167: 1743-45 (1970)

LEBLANC, J., POTVIN, P. — Studies on habituation to cold pain. Canad. J. Physiol. Pharmacol. 44: 287-293 (1966)

LEBLANC, H., ROSENBERG, F.J. — Local and systematic adaptation to topical cold exposure. J. Appl. Physiol. 11 (3: 344-8 (1957)

Mc MURRY, C.A., JAQUES, L.B. — Capillary resistance and blood pressure changes associated with pain due to local cooling. J. Appl. Physiol. 14: 813-6 (1959)

MOUNTCASTLE, V.B. — Medical Physiology Vol. I, 13. Edition Saint Louis (1974)

PEEKE, H.V.S., HERZ, M.J. — Habituation. Vol. I Behavioral studies. Academic Press New York und London (1973)a

PEEKE, H.V.S., HERZ, M.J. — Habituation. Vol. II Physiological substrates. Academic Press New York und London (1973)b

PERETZ, B. Habituation and dishabituation in the absence of a central nervous system. Science 169: 379-381 (1970)

PINSKER, H., KUPFERMANN, J., CASTELLUCI, V., KANDEL, E. Habituation and dishabituation of the gill-withdrawal reflex in Aplysia. Science 167: 1740-42 (1970)

RAGAN, C., BORDLEY, J. The accuracy of clinical measurements of blood pressure. Bull. Johns. Hopk. Hosp. 69: 504 (1941)

ROTH, W.T. KOPELL, B.S. The auditory evoked response to repeated stimuli during a vigilance task. Psychophysiologie 6: 301-309 (1969)

RÜDIGER, W. Lehrbuch der Physiologie VEB Verlag Volk und Gesundheit, Berlin 2. Aufl.: 109-147 (1971)

RUSHFORTH, N.B. Behavioral studies of the coelenterate Hydra porardi Brien. Anim. Behav. Suppl. 1: 30-42 (1965)

RUSSEL, E.M. The effects of experience of surroundings on the response of Lebistes reticulatus to the strange object. Anim. Behav. 15: 586-594 (1967)

SACHS, L. Statistische Methoden. 2. Aufl. Springer Verlag, Berlin - Heidelberg - New York (1972)

SAMAAN, H.A. The hazards of radial artery pressure monitoring. J. Cardiovascular. Surg. 12: 342-7 (1971)

SCHALDACH, H. (Hrsg.) Wörterbuch der Medizin. VEB Verlag Volk und Gesundheit, Berlin: 8, 222 (1973)

SCHOLING, W.E. Elemente der physiologischen Adaptation: Ein Ordnungsprinzip in der Klimatologie, Balneologie und physikalischen Medizin. Med. Klin. 52: 2049-54 (1964)

SHARPLESS, S., JASPER, H. Habituation of the arousal reaction. Brain 79: 655-682 (1956)

SIEGENTHALER, W. Klinische Pathophysiologie. Thieme Verlag, Stuttgart: 1042-1048 (1973)

SOKOLOV. E.N. Neuronal models and the orienting-reflex. In: The central nervous system and behavior. Josia Macy. Jr. Found, New York (1960)

SPENCER, W.A., THOMPSON, R.F., NEILSON, D.R. Response decrement of the flexion reflex in the acute spinal cat and transient restoration by strong stimuli. J. Neurophysiol. 29: 221-239 (1966)a

SPENCER, W.A., THOMPSON, R.F., NEILSON, D.R. Alterations in responsiveness of ascending and reflex pathways activated by iterated cutaneus afferent volleys. J. Neurophysiol. 29: 240-252 (1966)b

STREMPEL, H. Funktionelle Parameter der Adaptation. Z.Phys.Med. 6: 247-253 (1976)a

STREMPEL, H. Der Tagesgang der Cold-Pressure-Reaktion unter Ausschluß von Kälte-habituation. Z.Phys.Med. 5: 37-41 (1976)b

STREMPEL, H., HILDEBRANDT, G.
Tagesrhythmische Einflüsse auf die Kältehabituation.
In: Arbeitsberichte des Sonderforschungsbereiches Adaptation und Rehabilitation (SFB 122) der Universität Marburg/L., Bd. 1: 57-67 (1974)a

STREMPEL, H., HILDEBRANDT, G.
Vorversuche zur Klärung tagesrhythmischer Einflüsse auf die Kältehabituation beim Menschen.
In: Kolloquien des Sonderforschungsbereiches Adaptation und Rehabilitation (SFB 122) der Philipps-Universität Marburg/L., Bd. 1: 16-17 (1974)b

STREMPEL, H., HILDEBRANDT, G.
Zur Differenzierung von Habituation und funktioneller Adaptation.
In: Kolloquien des Sonderforschungsbereiches Adaptation und Rehabilitation (SFB 122) der Philipps-Universität Marburg/L., Bd. 1: 26-27 (1974)c

THOMPSON, R.F., SPENCER, W.A.
Habituation: A model phenomenon for the study of neuronal substrates of behavior.
Psychol. Rev. 73: 16-43 (1966)

WHITTOW, G.C.
Some factors affecting the magnitude of the pressor-, cardioaccelerator-and painresponse to cold of heat-acclimatized subjects.
Clin. Sci. 17: 339-348 (1958)

WINDESHEIM, J.H., ROTH, M.G., HINES, E.A. jr.
Direct arterial study of the blood pressure to cold of normotensive subjects and patients with essential hypertension before and during treatment with various antihypertensive drugs.
Circulation XI: 878-888 (1955)

WOLF, S., HARDY, J.D. — Studies on pain observations on pain due local cooling and on factors involved in the "cold pressure effect". J. Clin.Invest. 20: 521 (1941)

WOLFF, H.H. — The mechanism and significance of the cold pressure response. Quart.J.Med.(Oxford) 20: 261-273 (1951)

WOOD, D.C. — Parametric studies of the response decrement produced by mechanical stimuli in the protozoon. J.Neurobiol. 1: 345-360 (1970)

Lebenslauf
von Peter Tändler

Am 12. August 1950 wurde ich als Sohn des Handelsvertreters Karl Tändler und seiner Ehefrau Ruth geb. Ebelt in Frankfurt/M. geboren. 1957 wurde ich in die Schule am Dornbusch in Frankfurt/M. eingeschult. Von 1958 an besuchte ich nach dem Umzug meiner Eltern die Volksschule in Langendiebach. 1961 wechselte ich auf die Realschule Langenselbold, an der ich 1966 die mittlere Reife erlangte.
Von 1966 - 1969 besuchte ich sodann die Hohe Landesschule Hanau. Hier bestand ich am 24.6.1969 das Abitur. Anschließend erarbeitete ich mir für das geplante Studium eine kleine finanzielle Grundlage.
Im Sommersemester 1970 begann ich an der Justus-Liebig-Universität Gießen das Studium der Biologie, das ich ab dem Wintersemester 1970/71 an der Philipps-Universität Marburg fortsetzte.
Zum Sommersemester 1973 erhielt ich endlich meine Zulassung zum Studium der Medizin, auf welches mir 2 Semester meines Biologiestudiums angerechnet wurden.
Am 6. September 1973 bestand ich die naturwissenschaftliche Vorprüfung.
Am 5. Juli 1974 heiratete ich meine Frau Soon-Bock, geb. Kim.
Am 17. September 1974 bestand ich die ärztliche Vorprüfung und am 29. August 1975 den ersten Abschnitt der ärztlichen Prüfung.
Schließlich konnte ich den zweiten Abschnitt der ärztlichen Prüfung am 26. August 1977 erfolgreich beenden.

Ich beendete im Oktober 1978 mit dem dritten Prüfungsabschnitt mein Studium.

Seit dem 1. November 1978 arbeite ich als Assistenzarzt in der chirurgischen Abteilung des DRK Krankenhauses Kassel.

## Erklärung

Ich erkläre ehrenwörtlich, daß ich die dem Fachbereich Humanmedizin Marburg zur Promotionsprüfung eingereichte Arbeit mit dem Titel: "Untersuchungen über den Einfluß des Reizintervalles auf die Habituation" im Institut für Arbeitsphysiologie und Rehabilitationsforschung unter Leitung von Prof. Dr. med. G. Hildebrandt mit Unterstützung durch Dr. med. H. Strempel ohne sonstige Hilfe selbst durchgeführt und bei der Abfassung der Arbeit keine anderen als die in der Dissertation angeführten Hilfsmittel benutzt habe.

Ich habe bisher an keiner in- und ausländischen medizinischen Fakultät ein Gesuch um Zulassung zur Promotion eingereicht noch die vorliegende oder eine andere Arbeit als Dissertation vorgelegt.
Vorliegende Arbeit wurde nicht veröffentlicht.

Meine akademischen Lehrer waren die Herren Professoren und Dozenten:

Dehnicke, Nultsch, Koecke, Dimroth, Perst, Haberich, Hensel, Amon, Petry, Rohen, Karlson, Ihm, Wendt, Siegert, Mannheim, Koransky, Portig, Maroske, Hardewig, Schaumlöffel, Habermehl, Hildebrandt, Hort, Schmitz-Moormann, Bode, Doss, Dürr, Gottesbüren, Kalbfleisch, Dombrowski, Martini, Ricker, Willenbockel, Hamelmann, Koch, Rodeck, Exner, Pohlen, Eißner, Friederich, Buchholz, Daume, Havemann, Dittrich, Eschenbach, Kleinsasser, Niemeyer, Straub, Welge-Lüssen, Knoll, Hilgermann, Oepen, Siegrist, Solcher, Lüdtcke, Kleine, Heene.

Citydruck · Haugerglacisstraße · 8700 Würzburg